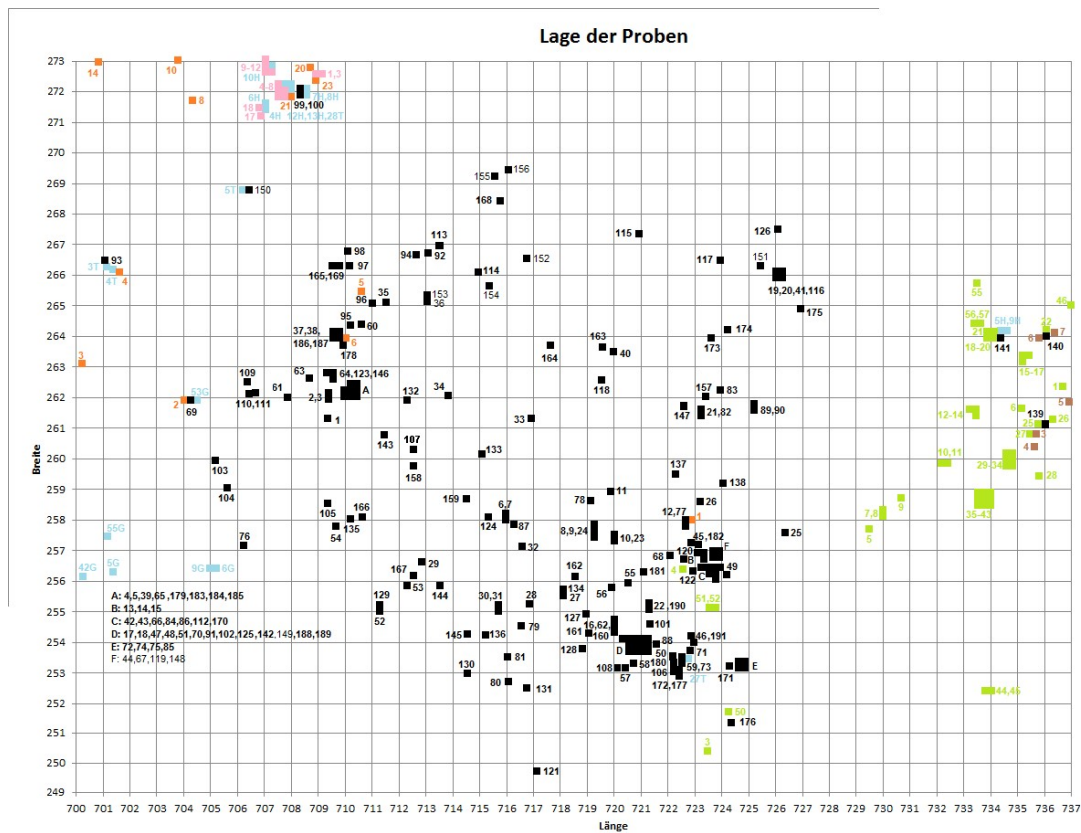


Zusammenfassung der petrographischen Untersuchungen:

Herkunft der Proben:



Schwarz: Meine Proben

Grün: Proben von Hipp

Blau: Proben von Graf

Rot: Proben von Geiger

Lila: Proben von Kaden

Braun: Proben von Frei

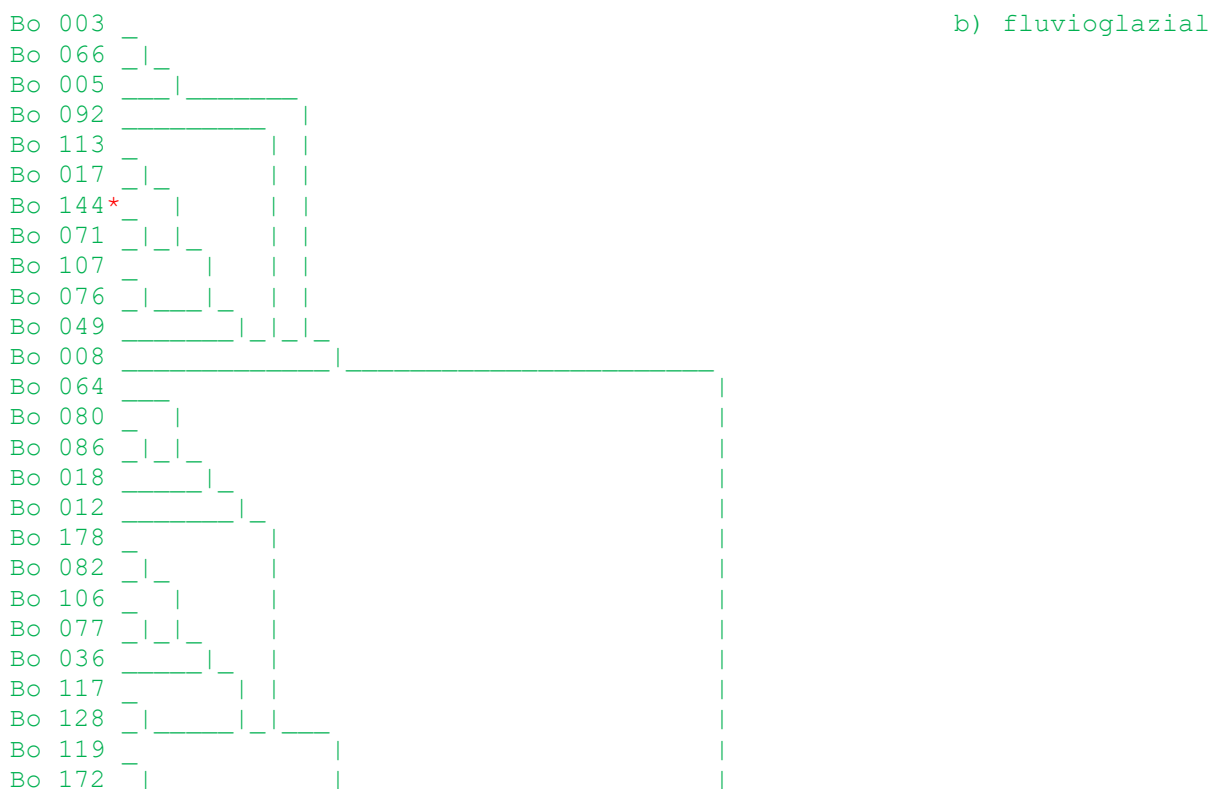
Einige Proben befinden sich ausserhalb des abgebildeten Gebietes.

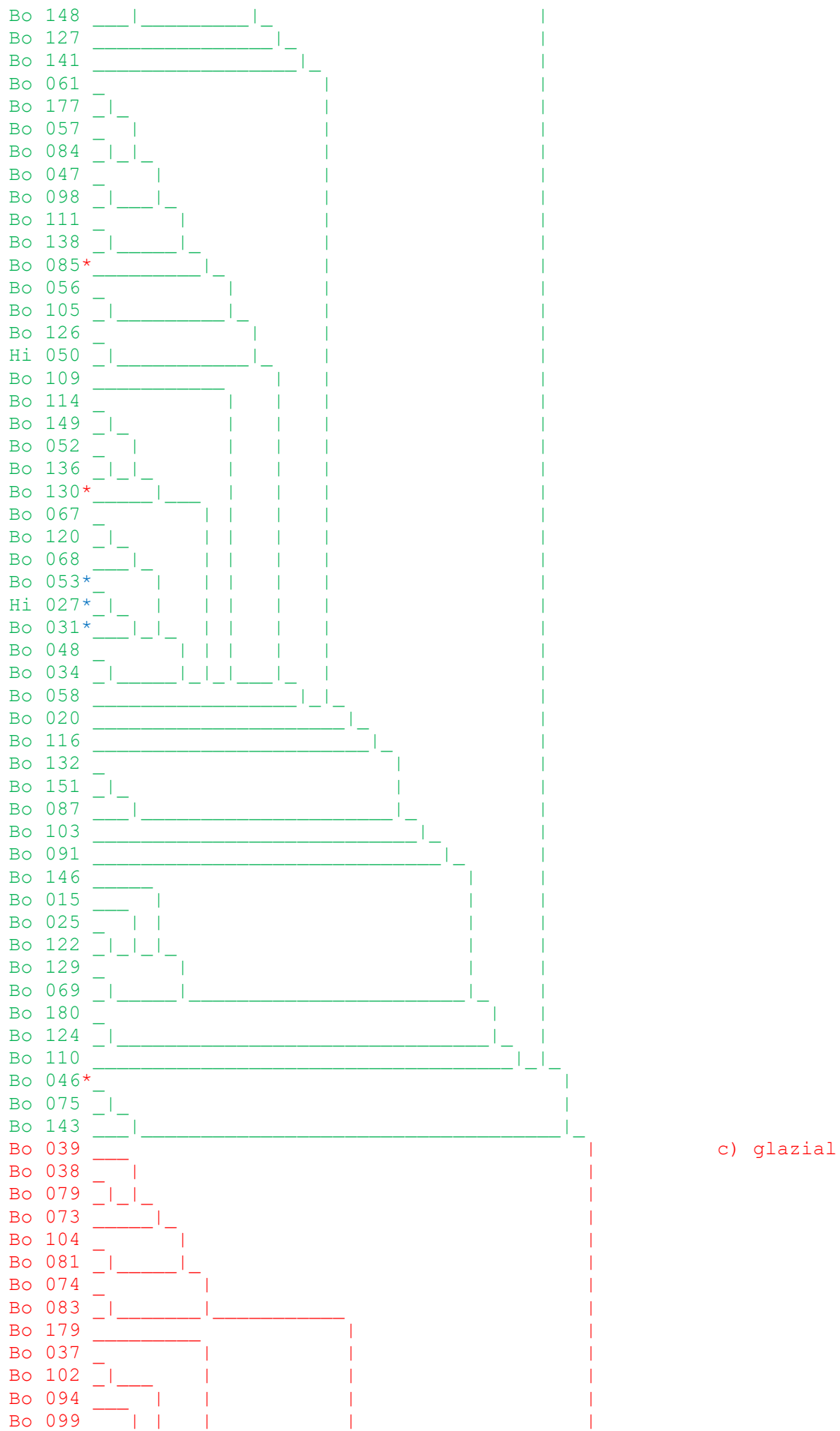
Im Untersuchungsgebiet kommen Sedimente aus den folgenden stratigraphischen Einheiten vor (von jung nach alt angeordnet):

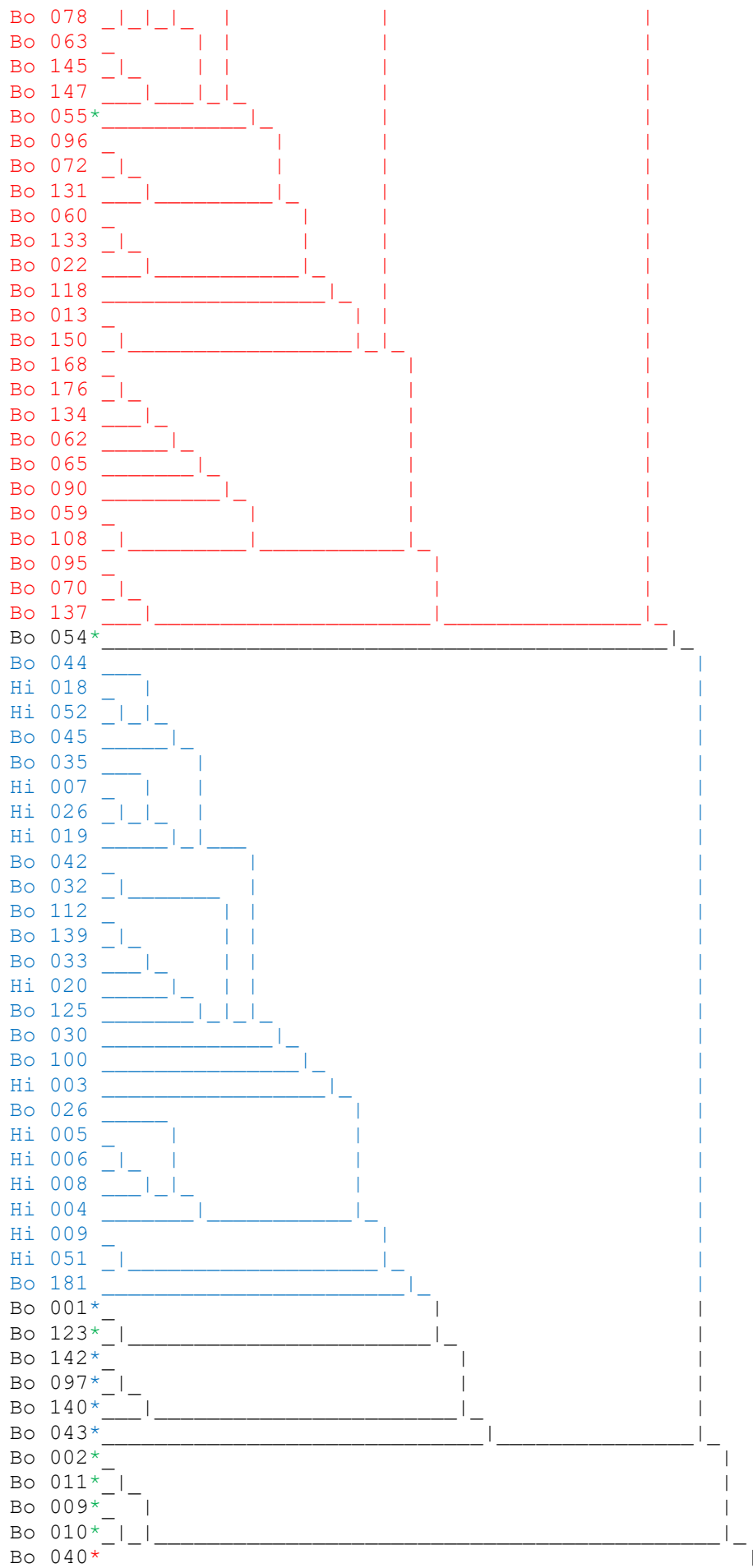
- postglaziale Verlandungsschichten (Torf, Seekreide, Seebodentone),
Hangschuttablagerungen und Talbodenfüllungen
- spät- bis postglaziale Deckschichten (verschwemmte oder umgelagerte Moränen und
Schotter, Kondensationsschichten, Löss)
- hoch- bis spätglaziale Rückzugsschotter (teilweise zu Groblagen kondensiert)
- hochglaziale Grund- und Wallmoränen
- früh- bis hochglaziale Vorstossschotter, darunter häufig Seeablagerungen
- ältere Grundmoränen (älter als letzteiszeitlich)
- Sedimentresten der Hochterrasseneiszeiten (mittelpleistocän)
- Deckenschotterresten (frühpleistocän)
- Molassefels (Nagelfluh, Sandstein, Mergel, Süßwasserkalk, Kohle)

Meine Untersuchungen umfassen mangels geeigneter Aufschlüsse nicht alle Einheiten. Darüber hinaus beschränke ich mich auf die Analyse der Grobkiesfraktion. Jenny und de Quervain (1961) haben in der Region den Kalk- und Dolomitgehalt in zwei Sandfraktionen bestimmt. Andere Autoren haben auch Steine und Blöcke ausgewertet.

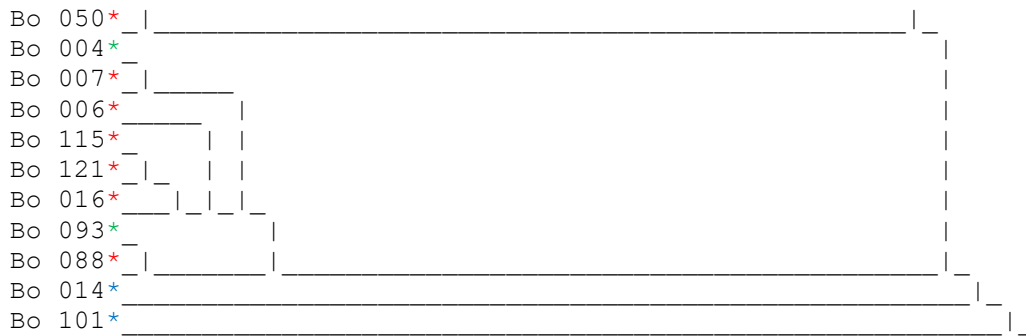
Eine erste grobe Einteilung der Proben lässt sich durch die Zurundungsanalyse der Gerölle vornehmen. Nach Schlüchter (1997) lassen sich aufgrund der Zurundungsindices (Medianwerte) verschiedene Fazies erkennen (glazigene Fazies <150, Grundmoränen- und Übergangsfazies 150-250, fluvioglaziale und fluviale Fazies >250). Diese einfache Klassifizierung wird allerdings durch aufgearbeitete Gerölle leicht verfälscht. In der nachfolgenden Gruppierungsanalyse zeigt sich denn auch, dass einige Proben mehr wegen ihrer charakteristischen Verteilung der Werte auf bestimmte Klassen, als wegen des reinen Medianwertes zusammengefasst werden. Für diese Analyse wurden auch einige Proben von Hipp (1986) verwendet.





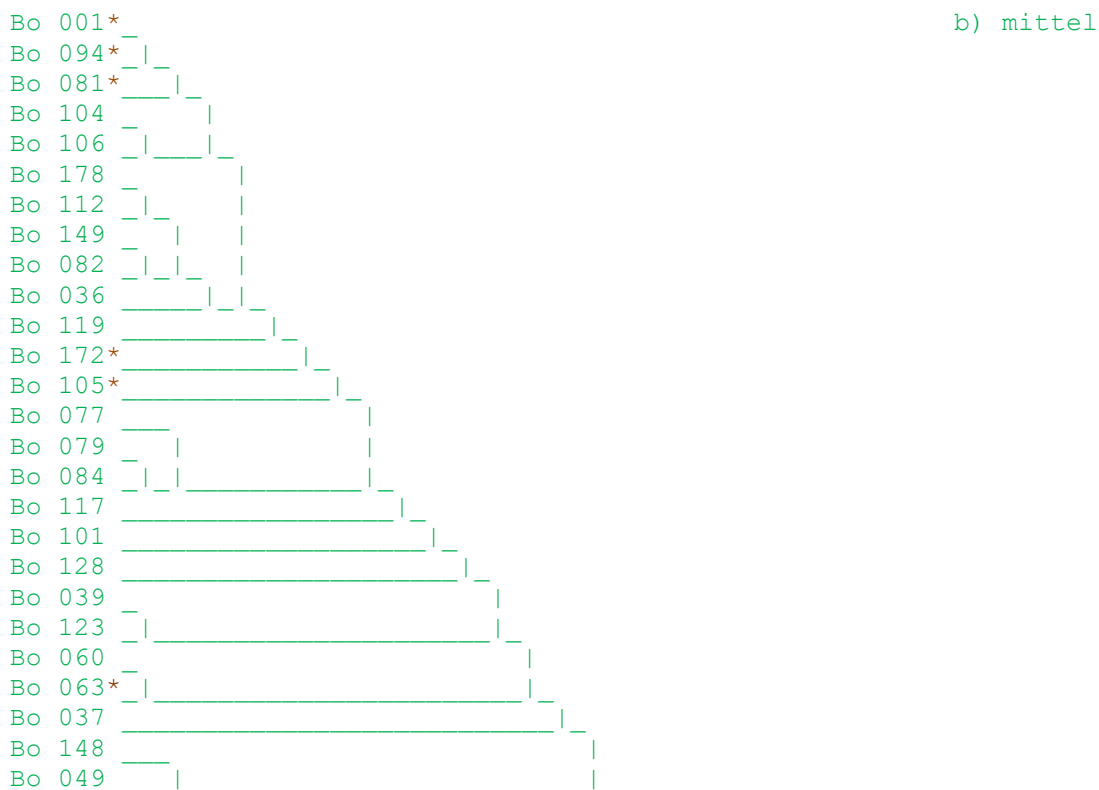


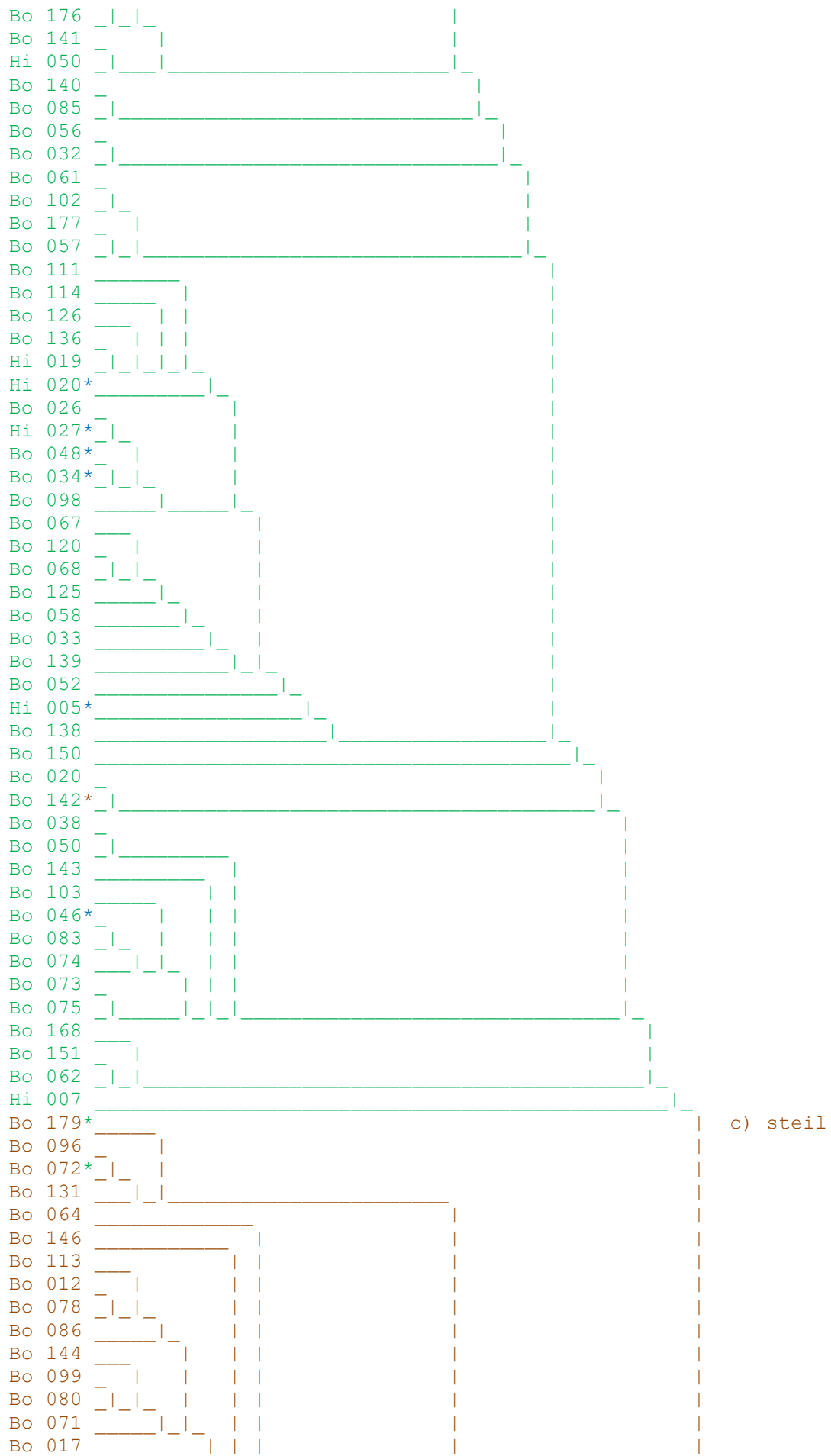
a) fluvial

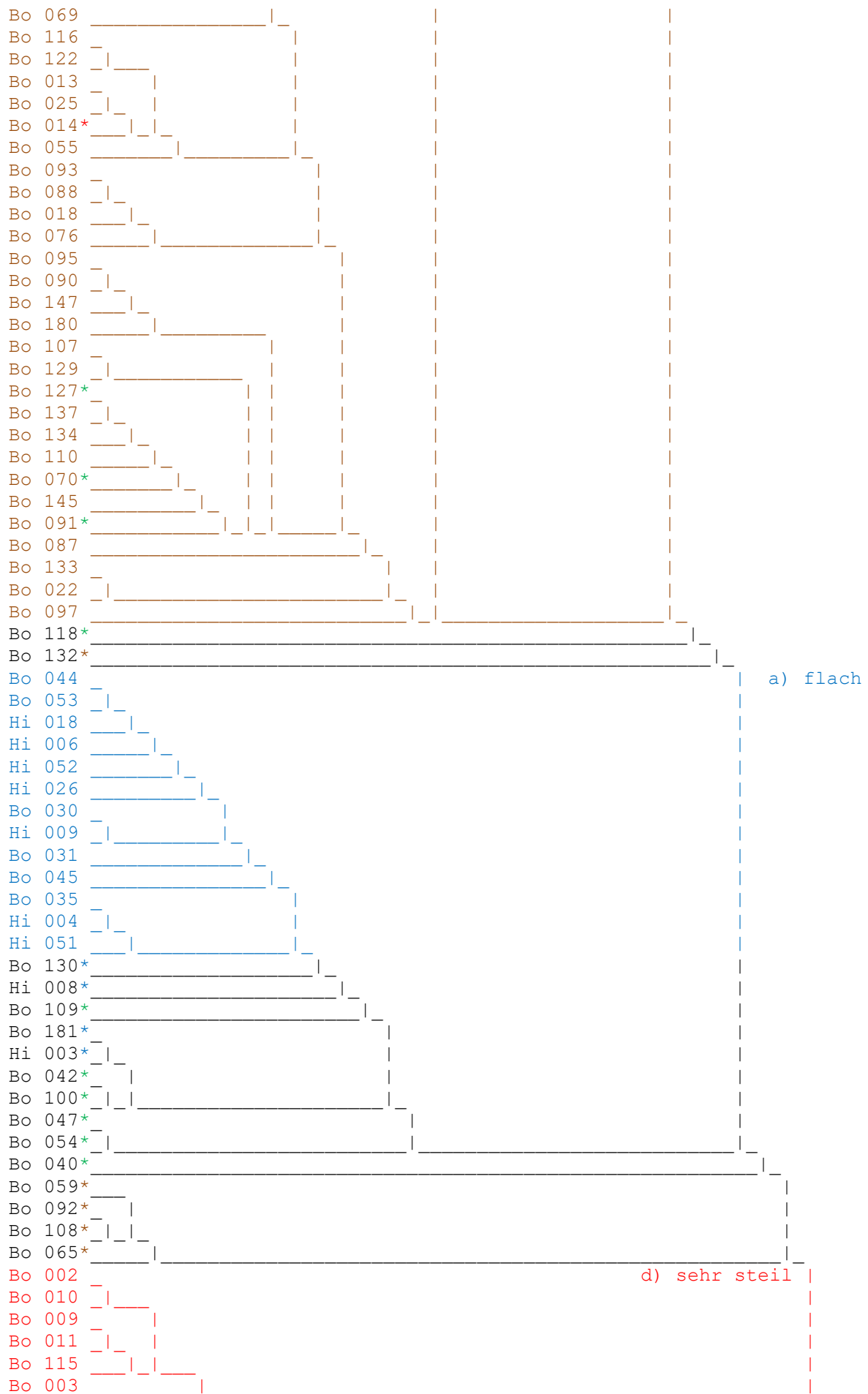


- * nach Diskriminanzanalyse zur Gruppe a)
- * nach Diskriminanzanalyse zur Gruppe b)
- * nach Diskriminanzanalyse zur Gruppe c)

Die rot markierte glazial geprägte Gruppe wird von der blau eingefärbten fluvial geprägten klar durch einen Zurundungsindex (ZI) von unter 200 bzw. über 230 getrennt. Die grüne Übergangsguppe entspricht in etwa derjenigen von Schlüchter (ZI zwischen 150 und 250). Hipp (1986) unterscheidet anhand seiner Gruppierungsanalyse glaziale (ZI < 200), glazifluviale (ZI 200 – 300) und fluviale Proben (ZI > 300). Neben dieser Grobklassifikation kann die Zurundung der Gerölle auch wichtige Hinweise auf die Genese von Sedimenten in einem einzelnen oder einer Anzahl benachbarter Aufschlüsse liefern. So weisen Vorstossschotter typischerweise eine gegen oben abnehmende, Rückzugsschotter jedoch eine zunehmende Zurundung der Gerölle auf. Für solche Erkenntnisse verweise ich auf die Beschreibung der entsprechenden Aufschlüsse in den vorangegangenen Kapiteln. Die Zurundung der Gerölle gibt auch Hinweise auf aufgearbeitetes Material. Vereinfacht kann man sagen, dass jeder Modus in den 20 Klassen einer Geröllgeneration entspricht. Um diese Generationen über verschiedene Proben verfolgen zu können, muss die Verteilung zuerst zentriert werden. Ich habe dabei das Zentrum, also den Median, bei 250 gewählt und die Zählwerte der Klassen entsprechend verschoben.







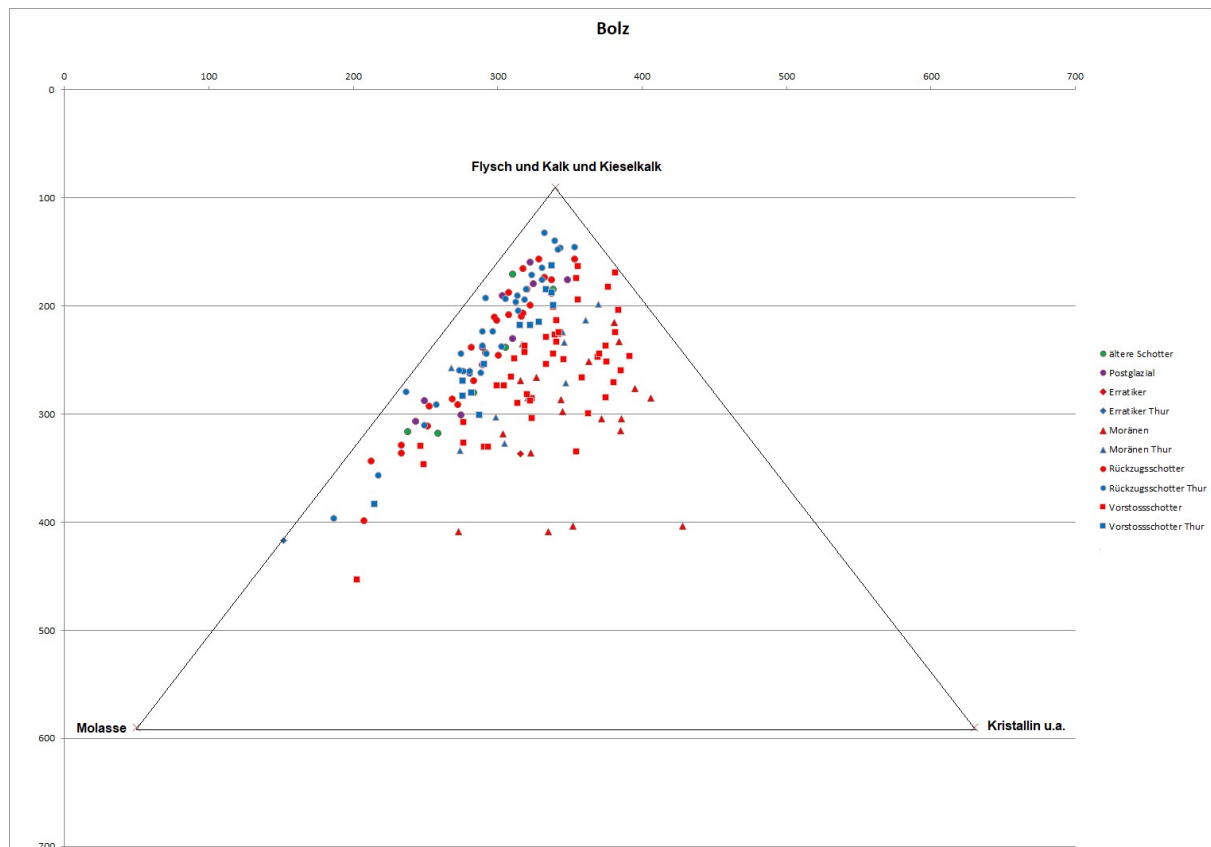


- * nach Diskriminanzanalyse zur Gruppe a)
- * nach Diskriminanzanalyse zur Gruppe b)
- * nach Diskriminanzanalyse zur Gruppe c)
- * nach Diskriminanzanalyse zur Gruppe d)

Die Gruppe a) weist eine sehr flache Verteilung auf. Sie hat meistens zwei oder mehrere Modi und ist typisch für Proben der rezenten Thur- und Murgschotter. Die Gruppe b) besitzt eine mittlere Verteilung. Sie hat nur einen oder allenfalls zwei nahe beieinander liegende Modi. Die Gruppen c) und vor allem d) sind gekennzeichnet durch eine steile Verteilung. Sie weisen kaum aufgearbeitetes Material auf und sind typisch für Proben aus Moränen und sehr gletscherrandnahen Schottern.

Auf den folgenden Seiten gehe ich nun näher auf die petrographische Zusammensetzung der Proben ein. Für die meisten Analysen habe ich dabei auch Proben von anderen Autoren mit einbezogen. Die Herkunftsorte dieser Proben können der Auflistung im Kapitel „Tabellen“ entnommen werden.

Anteile der drei Hauptgruppen:



Wie aus der Grafik ersichtlich ist, kann keine Aufteilung in klar getrennte Gruppen vorgenommen werden. Immerhin lassen sich jedoch einige Unterschiede erkennen: Die Proben aus der Region Aadorf-Hagenbuch zeichnen sich durch einen hohen Kristallin- und einen geringen Molasseanteil aus, diejenigen aus dem Thurtal haben sowohl wenig Kristallin als auch wenig Molasse, die Proben aus der Littenheidrinne schliesslich weisen wenig Kristallin aber viel Molasse auf. Die Proben aus dem Murgtal zeigen den Übergang von der Littenheidrinne zur Aadorfer Gegend, entsprechend der örtlichen Verteilung der Herkunft der Gerölle. Alle übrigen Proben ordnen sich irgendwo zwischen diesen Gruppen ein. Die in der Grafik gewählte Darstellung der stratigraphischen Einheiten wird daher von den geographischen Unterschieden überlagert. Zudem sind diese Einheiten nicht immer strikte zu trennen, da es oft fliessende Übergänge gibt. Analogien zu den von Hipp (1986) untersuchten Proben wurden in den betreffenden Kapiteln besprochen.

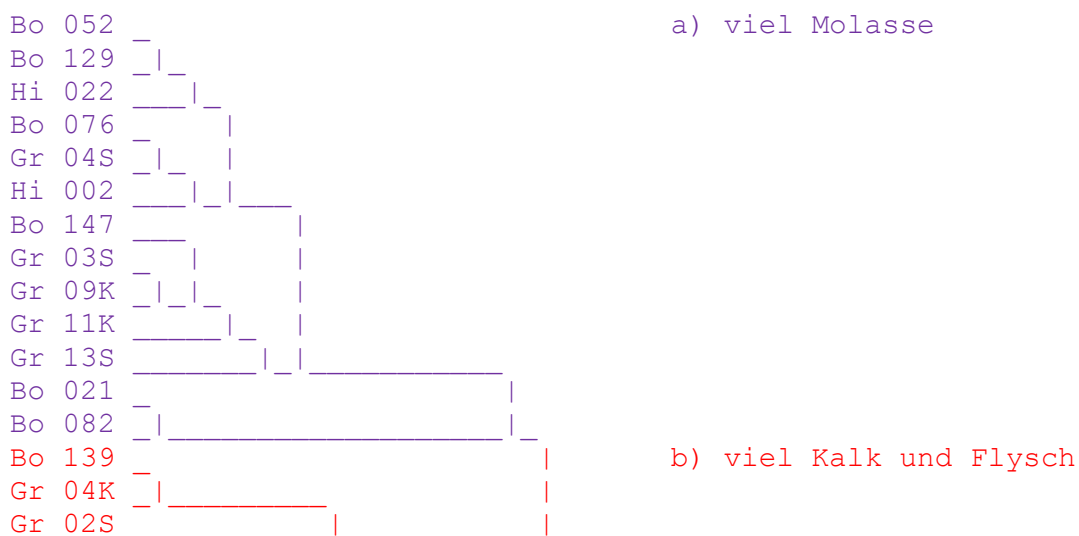
Petrographische Untersuchungen wurden im Umfeld meines Arbeitsgebietes schon seit langer Zeit von verschiedenen Autoren angestellt. Im 19. Jahrhundert wurden hauptsächlich die grossen Blöcke (Erratiker) analysiert, um die Einzugsgebiete der Gletscher abzugrenzen. In derselben Zeit wurden die Begriffe Rhein- und Thurerratikum in mehreren Arbeiten verwendet ohne sie genauer zu definieren. Meistens wurde das letztere vom ersteren allein durch die Abwesenheit typischer Leitgesteine des Rheingletschers unterschieden. In vielen der nachfolgenden Einteilungen kommt dieses Merkmal aber nicht zum Ausdruck, da aus der tertiären Nagelfluh aufgearbeitete Gerölle oftmals in dieselben Klassen fallen, wie Leitgesteine des Rheingletschers. Die ersten quantitativen Analysen stammen von Frei (1912), der den Geröllinhalt der Deckenschotter untersuchte. Grosse petrographische Studien stellte danach Geiger (1948 und 1961) an. Er entwickelte ein System, nach welchem Ablagerungen verschiedenen Alters voneinander unterscheidbar sind. Dieses wurde auch von Steffen (1964) im Raum Winterthur angewendet. Keller (1977) und Käser (1980) beschränkten sich in ihren Untersuchungen auf die Leitgesteine, um Linth- und Rheingletschersedimente auseinander zu halten. Hipp (1986) dagegen verwendete eine einfache Einteilung in Molasse, Kalk und Flysch, sowie Kristallin und andere, um stratigraphische Formationen ausfindig zu machen. Kaden (1987) hat eine ähnliche Klassifizierung für seine Proben aus den Ittingen Schottern angewendet. Auch Hofmann (1999) hat einige quartäre, vor allem aber tertiäre Ablagerungen analysiert. Die jüngsten sehr detaillierten Geröllstudien wurden von Graf (2009 a und b) veröffentlicht. Auch ihm ging es dabei hauptsächlich um die Identifikation und Beschreibung verschiedener Formationen. Dazu verwendet er eine eigene Einteilung, die sich weniger auf die Herkunft der Gerölle stützt, sondern vielmehr auf die Klassifizierung der Gesteine, sowie bei den Kalken auch auf deren Farbe.

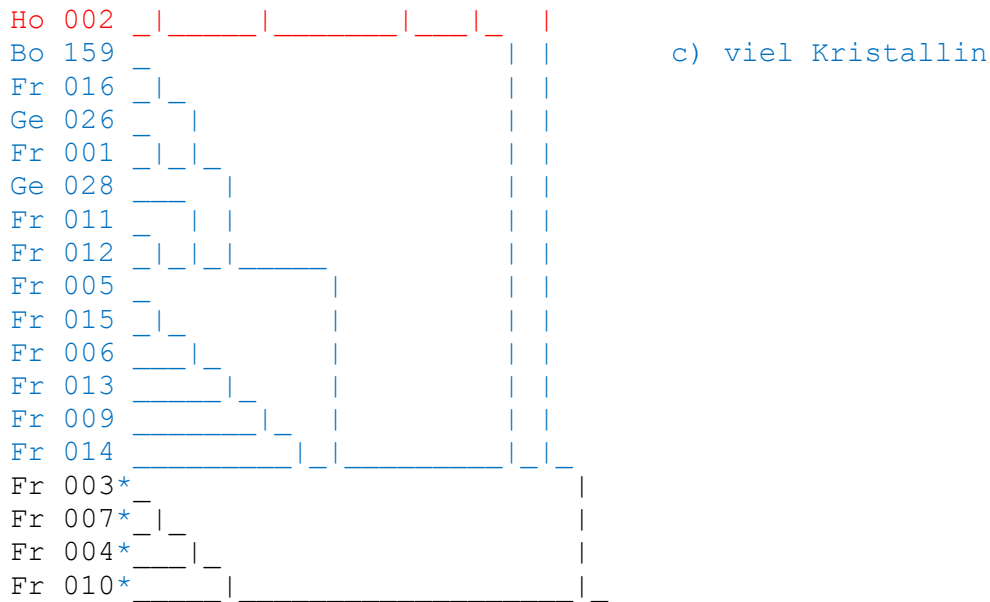
Diese kurze Zusammenfassung zeigt, wie unterschiedlich die diversen Autoren gearbeitet haben und daher ist es nicht verwunderlich, dass ihre Resultate nur sehr bedingt vergleichbar sind. Neben diesen offensichtlichen durch unterschiedliche Zielsetzungen bedingten Differenzen sind weitere Faktoren zu erwähnen, die einen Vergleich verschiedener Analysen erschweren. So haben nicht alle Autoren dieselben Korngrössen (Blöcke, Steine, Kies) und Sedimentarten (Moränen, Schotter) gewählt, so wurden einmal Kalke und Flyschgesteine, ein andermal Kalke und Sandsteine in eigene Klassen eingeteilt und nicht alle Autoren haben Gerölle mit Anzeichen für eine Herkunft aus der Molassenagelfluh (Drucklösungsstellen etc.) konsequent der Molasse zugeordnet. Auch bei der Interpretation der Resultate ist Vorsicht angebracht. Geiger schliesst zum Beispiel aus einem geringen Kristallinanteil (A-Kristallin) auf ein höheres Alter des entsprechenden Sedimentes. Hipp (1986) hat aber gezeigt, dass diese Kristallinarmut gerade so gut mit einer südlichen Herkunft (Thur, Sitter) dieser Gerölle erklärt werden kann und nicht zwingend mit dem Alter in Verbindung gebracht werden muss.

Auf jeden Fall muss bei der Geröllanalyse ein Kompromiss zwischen der Genauigkeit und der praktischen Anwendung bei der Feldarbeit eingegangen werden. Dabei haben sich in jüngster Zeit einfacher anzuwendende Einteilungen bewährt. Die Unterteilung etwa der Kalke aufgrund ihrer Herkunft ist selbst mit sehr guten Kenntnissen schwierig. Kalke können im gesamten Alpengebiet fast gleich aussehen, ja selbst Flyschkalke können anhand eines einzelnen Gerölles nicht immer einwandfrei identifiziert werden. Als Alternative bietet sich hier eine Klassifizierung mittels der Farbe an. Auch bei der Bewertung von Leitgesteinen muss vorsichtig vorgegangen werden. Bei Radiolariten, roten Verrucanos oder Ophiolithen handelt es sich meistens um aufgearbeitete Nagelfluhgerölle aus der Molasse. Zwar wurden in der Kiesgrube Büel bei Mettlen zwei grössere rote Verrucanoerratiker gefunden, aber die grosse Mehrheit der Gerölle verrät ihre Herkunft schon durch ihre gute Zurundung. Aufpassen muss man auch bei Gesteinsarten, die aus verschiedenen Liefergebieten stammen können. Geiger hat die häufigen Amphibolite ostalpinen Herkunft zugeordnet, was für Süddeutschland und den Bodenseeraum durchaus plausibel ist. Das zahlreiche Auftreten im Thurtal zwischen Wil und Bischofszell deutet aber eher auf eine Lieferung aus dem Vorderrheintal hin. Trotz all dieser Einschränkungen wage ich hier den Versuch des Vergleichs einiger Sedimente im weiteren Bereich meines Arbeitsgebietes, um die Ergebnisse aus meinem Gebiet in einen grösseren Rahmen zu stellen. Ich verwende dazu die einfache Klassifizierung von Hipp, denn sie ist die einzige, welche sich einigermaßen aus den Arbeiten von Frei, Geiger, Steffen, Hofmann, Hipp, Kaden und Graf ableiten lässt. Hipp (1986) erwähnt dazu, dass eine weitere Verfeinerung der Einteilung nicht sinnvoll sei, da sie zu Resultaten führe, die der Stratigraphie widersprechen würden. Wie ich weiter unten zeigen werde, führt selbst diese rudimentäre Klassifizierung teilweise zu inkonsistenten Ergebnissen. Proben aus derselben Kiesgrube können ganz andere Eigenschaften andeuten, je nachdem welcher Autor sie untersucht hat.

Für die nachfolgende Gruppierungsanalyse wurden Proben von Frei (Fr 01-16), Geiger (Ge 01-30), Steffen (St 01), Hofmann (Ho 01-02), Hipp (Hi 01-57), Kaden (Ka 01-20) und Graf (Gr xxx) verwendet. Um den Umfang der Stichprobe nicht allzu sehr aufzublähen, führte ich getrennte Analysen für die frühpleistozänen Deckenschotterproben und die mittel- bis spätpleistozänen Hoch- und Niederterrassenschotterproben durch. Proben, deren Alter nicht eindeutig einer der beiden Gruppen zugeteilt werden kann, habe ich in beide Analysen einfließen lassen. Zu Vergleichszwecken habe ich auch meine tertiären Nagelfluhproben in beide Analysen integriert.

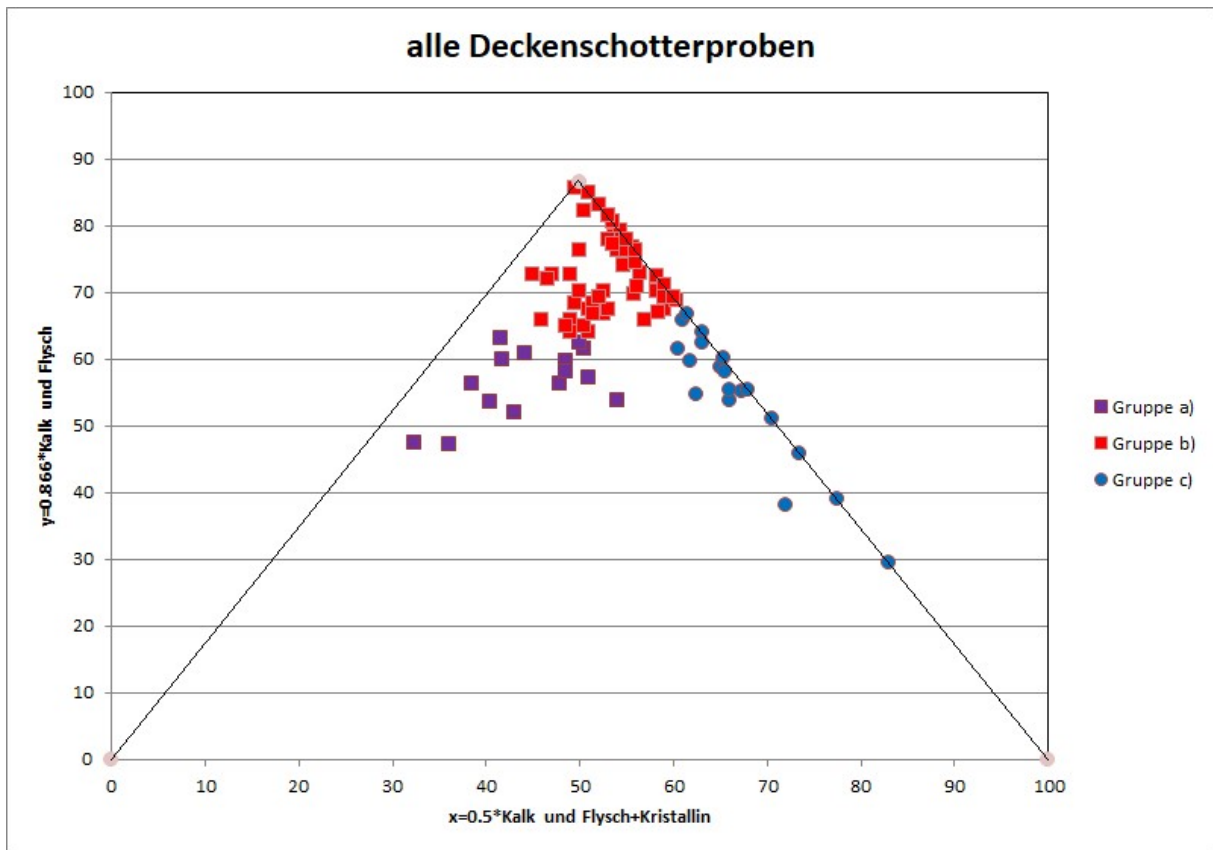
Gruppierungsanalyse der drei Hauptgruppen für die Deckenschotterproben:





- * nach Diskriminanzanalyse zur Gruppe a)
- * nach Diskriminanzanalyse zur Gruppe c)

Die Analyse zeigt, dass eine grosse Ähnlichkeit zwischen dem wahrscheinlich mittelpleistozänen Schottern von Wolfsgrueb (Bo 052 und 129) und Felsenholz (Hi 022) existiert. Der Schotter von Girenbad (Bo 076) weist Übereinstimmungen mit demjenigen von Grimm (Hi 002) auf. Alle fünf erwähnten Proben sind ferner den Proben von Salen-Reutene (Gr 03S, 04S und 13S) verwandt, die ihrerseits auch mit der Probe von der Braunauer Höhe (Bo 147) Gemeinsamkeiten aufweisen. Dagegen bilden die Proben aus dem Heidschotter (Bo 021 und 082) aufgrund ihres hohen Anteiles an Molassegeröllen eine eigene Untergruppe innerhalb dieser Gruppe. Die meisten Proben vom Stammerberg und Kohlfirst (v.a. Gr) bilden eine eigene grosse Gruppe, zu der auch diejenigen vom Bischofsberg (Hi 025 bis 027, Bo 139), Tannenber (Ho 1 und 2, aber nicht Hi 2) und eine vom Felsenholz (Bo 140), sowie sämtliche Proben aus der Molassenagelfluh (nur Bo 156, 159 und 161 nicht) gehören. Die Proben von Frei und etwas weniger deutlich diejenigen von Geiger erweisen sich als nicht sehr geeignet für diese Analyse. Sie weisen durchwegs so hohe Anteile an kristallinen Geröllen auf, dass sie eine Gruppe bilden, welche mehr auf die Art der Probennahme (Korngrösse) durch die Autoren als auf den Charakter der Sedimente zurückgeht.



Graphische Darstellung der Hauptgruppen der Gruppierungsanalyse. Die Farben entsprechen den Hauptgruppen der Gruppierungsanalyse.

Gruppierungsanalyse der drei Hauptgruppen für die jüngeren Proben:

```

Bo 001  _ @
Bo 008  _|_ @
Bo 120  _|_ | @
Ka 010  _|_ |___ @
Bo 097  _|_ |___ @
Ka 011  _|_ |___ +
Bo 035  _|_ |___
Gr 18H  _|_ |___
Bo 002  _|_ |___
Bo 017  _|_ |___
Hi 035  _|_ |___
Bo 139  _|_ |___
Bo 112  _|_ |___
Bo 005  _|_ |___
Bo 061  _|_ |___
Bo 148  _|_ |___
Bo 189  _|_ |___
Bo 029  _|_ |___
Bo 032  _|_ |___
Hi 024  _|_ |___
Bo 006  _|_ |___ @
Bo 009  _|_ |___
Hi 012  _|_ |___
Bo 182  _|_ |___ @
Bo 188  _|_ |___ @
Hi 008  _|_ |___ @

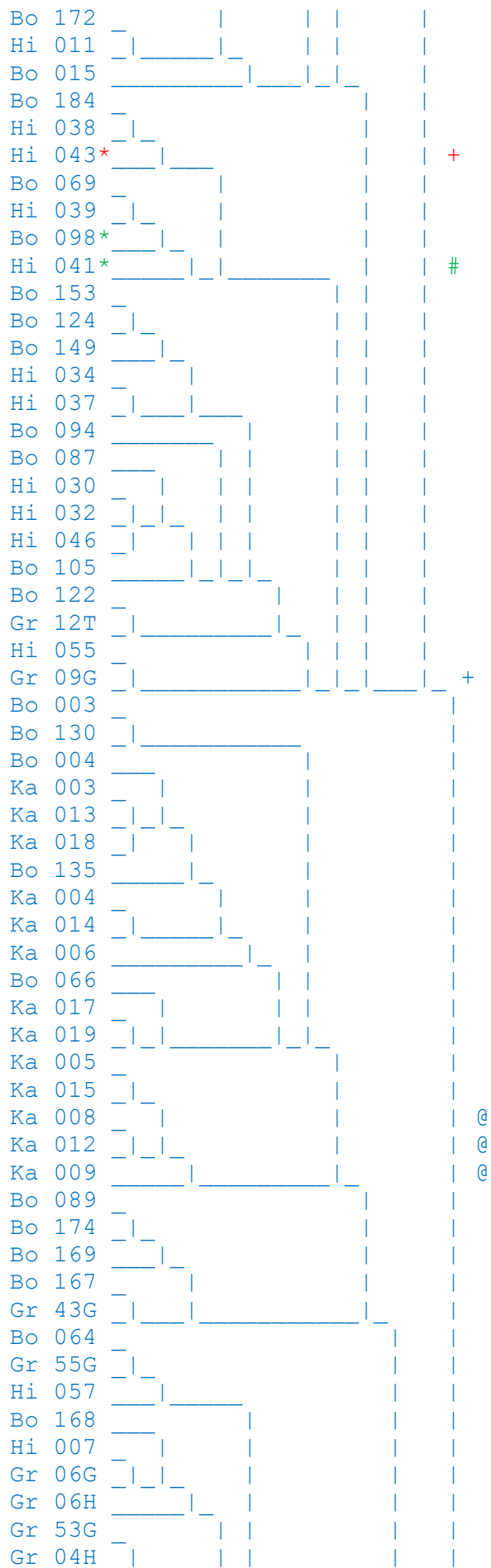
```

a) viel Kalk & Flysch
a1) nahe am Durchschnitt

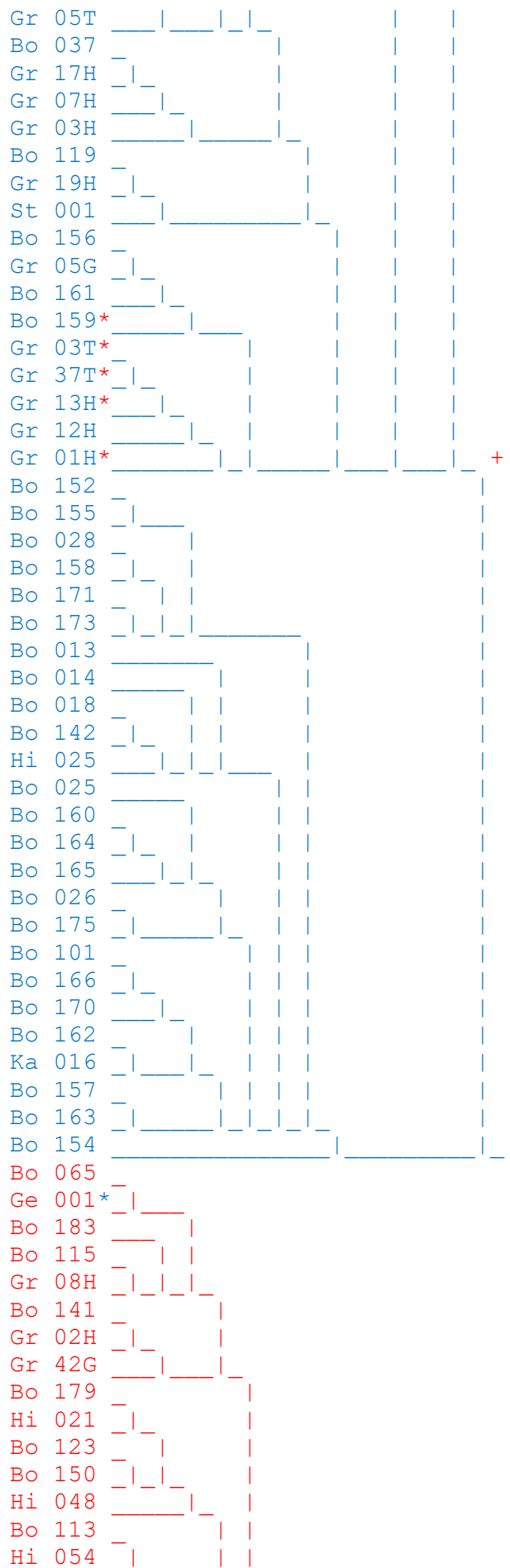
```

Bo 091  _ | | | | | | |
Hi 005  _ | _ | | | | | |
Hi 056  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 140  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 023  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 009  _ | _ | _ | _ | _ | | @
Bo 042  _ | _ | _ | _ | _ | |
Ka 020  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 144  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 031  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 029  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 036  _ | _ | _ | _ | _ | |
Ka 002  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 100  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 040  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 015  _ | _ | _ | _ | _ | |
Gr 44G  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 019  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 137  _ | _ | _ | _ | _ | | +
Hi 042  _ | _ | _ | _ | _ | |
Ka 007  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 039*  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 040  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 049  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 068  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 070*  _ | _ | _ | _ | _ | | #
Bo 129*  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 033*  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 034  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 151*  _ | _ | _ | _ | _ | | #
Bo 081*  _ | _ | _ | _ | _ | | #
Bo 011  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 131  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 013  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 012*  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 022*  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 102  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 045  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 010  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 014  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 103  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 026  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 128  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 052  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 125  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 010  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 108  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 190  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 077  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 027  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 049  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 072  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 019  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 062  _ | _ | _ | _ | _ | |
Hi 006  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 044  _ | _ | _ | _ | _ | |
Bo 045  _ | _ | _ | _ | _ | |

```



a2) wenig Molasse
 (kristallinreiche
 Nagelfluh)



a3) sehr viel Kalk &
 Flysch
 (kristallinarme
 Nagelfluh)

c) viel Kristallin

Hi 016	_____ _____ _____	
Bo 185	_____	
Ge 003	_____	
Ge 021	_____ _____ _____	
Bo 146	_____	
Hi 047	_____ _____	
Gr 46T	_____ _____	
Gr 05H	_____ _____ _____	
Bo 090	_____	
Ge 018	_____ _____	
Ge 009	_____ _____	
Gr 28T	_____ _____	
Hi 018	_____ _____ _____	
Hi 020	_____ _____	
Ge 020	_____ _____	
Gr 10H	_____ _____	
Ge 006	_____ _____	
Ge 019	_____ _____ _____	
Bo 060	_____	
Bo 138	_____ _____	
Hi 053	_____ _____ _____	
Bo 186	_____	
Bo 132	_____ _____	
Bo 178	_____ _____	
Gr 09T	_____ _____	
Ge 012	_____ _____	
Gr 38T	_____ _____ _____	
Bo 093	_____	
Bo 099	_____	
Gr 04T	_____ _____	
Gr 45T	_____ _____ _____ _____	
Bo 116	_____	
Ge 013	_____ _____	
Ge 023	_____ _____	
Ge 022	_____	
Ge 005	_____ _____	
Ge 007	_____ _____ _____	
Hi 017	_____ _____	
Gr 40T	_____ _____	
Ge 008	_____ _____	
Ge 016	_____ _____	
Gr 19T	_____ _____ _____	
Gr 09H	_____ _____	
Ge 011	_____ _____	
Ge 002	_____ _____	
Gr 11T	_____ _____ _____	
Gr 27T	_____	
Fr 005	_____ _____	
Fr 006	_____ _____ _____ _____	
Bo 187	_____	+
Gr 20T	_____ _____	+
Ge 010	_____	+
Ge 014	_____	+
Gr 39T	_____ _____	+
Ge 015	_____ _____	+
Gr 02T	_____ _____ _____ _____	+
Bo 038	_____	+

b) viel Molasse

Bo 036		
Bo 117		
Bo 133		
Bo 176		
Bo 118		
Hi 028		
Bo 095*		+
Bo 096*		+
Bo 110		
Bo 134		
Bo 111		
Bo 104		
Bo 147		
Bo 109		
Bo 191		
Bo 059		
Bo 057		
Bo 058		
Bo 075		
Bo 046		
Bo 033		
Bo 085		
Bo 067		
Hi 004		
Hi 050		
Hi 051		
Bo 121		
Bo 047		
Bo 052		
Bo 048		
Bo 136		
Bo 079		
Bo 020		
Bo 106		
Bo 031		
Bo 180		
Bo 056		
Bo 030		
Bo 050		
Bo 084		
Bo 071		
Bo 053		
Bo 145		
Bo 073		
Bo 088		
Bo 127		
Hi 044		
Bo 083		
Hi 003		
Bo 063		#
Bo 041		#
Ka 001		#
Hi 001		#
Bo 092		#
Bo 086		#
Bo 078		#
Bo 054		#

```

Bo 126 _ | | | | | #
Bo 016 _ | | | | | #
Bo 181* _ | | | | | #
Bo 080* _ | | | | | #
Bo 114* _ | | | | | #
Bo 055* _ | | | | | #
Bo 043* _ | | | | | #
Bo 027* _ | | | | | #
Bo 177* _ | | | | | #
Bo 022* _ | | | | | #
Bo 074* _ | | | | | #
Bo 051* _ | | | | | #
Bo 007* _ | | | | | #
Bo 024* _ | | | | | +
Bo 023* _ | | | | | #
Bo 107* _ | | | | | #
Bo 143* _ | | | | | +
Ge 004* _ | | | | | +
Fr 003* _ | | | | | +
Fr 007* _ | | | | | +
Fr 004* _ | | | | | +

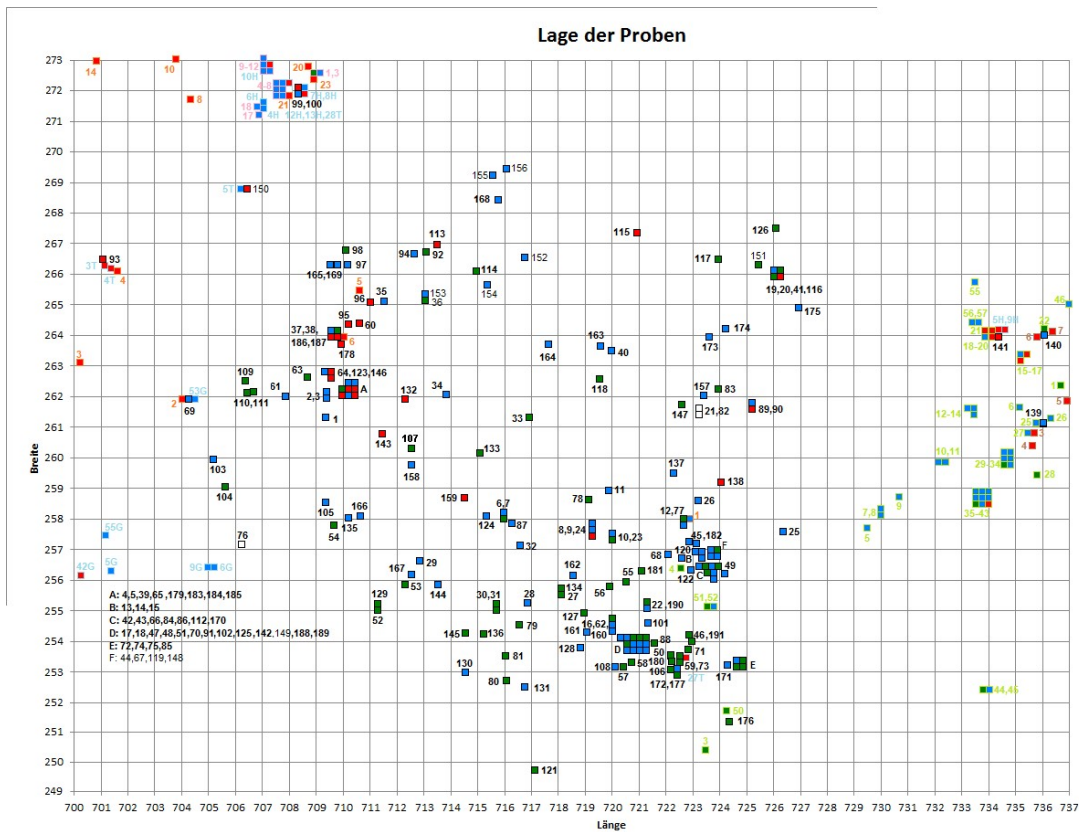
```

* nach Diskriminanzanalyse mit 3 Gruppen zur Gruppe a)
* nach Diskriminanzanalyse mit 3 Gruppen zur Gruppe b)
* nach Diskriminanzanalyse mit 3 Gruppen zur Gruppe c)

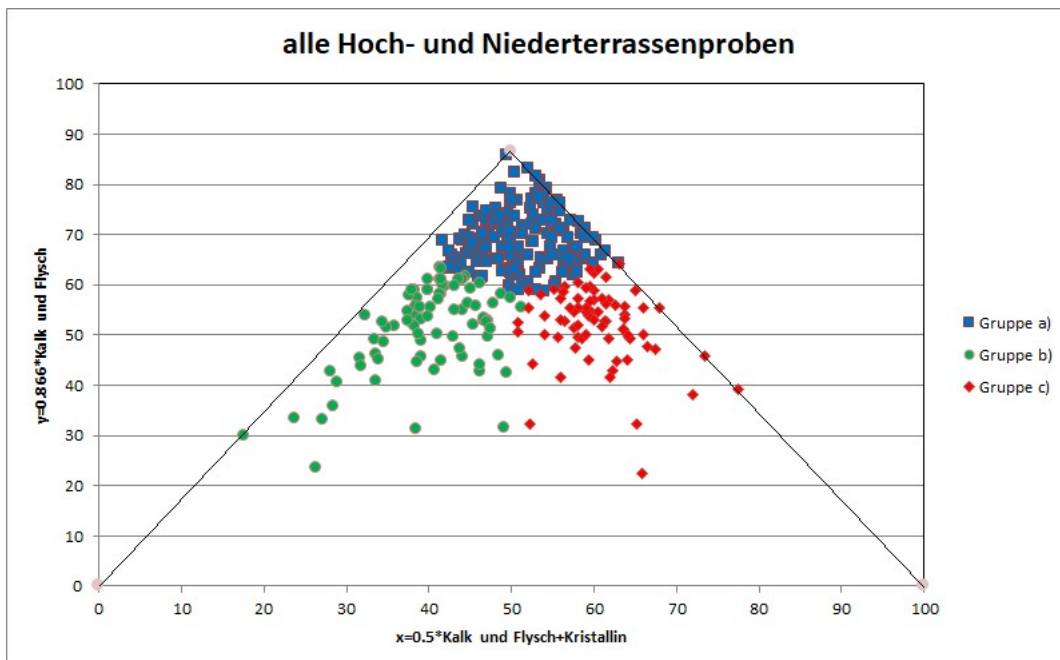
nach Diskriminanzanalyse mit 5 Gruppen zur Gruppe a1)
+ nach Diskriminanzanalyse mit 5 Gruppen zur Gruppe a2)
@ nach Diskriminanzanalyse mit 5 Gruppen zur Gruppe a3)
nach Diskriminanzanalyse mit 5 Gruppen zur Gruppe b)
+ nach Diskriminanzanalyse mit 5 Gruppen zur Gruppe c)

Zur Überprüfung der Gruppenzugehörigkeit der einzelnen Proben wurde eine Diskriminanzanalyse durchgeführt. Dabei wurden nur die drei beziehungsweise fünf Hauptgruppen berücksichtigt und die Proben der kleinen Extremgruppen (schwarz) auf die ihnen am nächsten liegenden Hauptgruppen aufgeteilt.

Graf (2009) hat an Stelle der Diskriminanzanalyse eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt, die sich sehr gut für die graphische Darstellung der Resultate eignet. Der Nachteil all dieser Verfahren liegt darin, dass die Ergebnisse direkt von der Auswahl der Proben abhängig sind. Eine einzige zusätzliche Probe verändert das ganze Bild, ebenso natürlich das Weglassen einer solchen. Da ich für diese Analyse nur mit drei Kategorien arbeite, genügt die schon oben angewandte Dreiecksdarstellung völlig, um die gebildeten Gruppen und ausgewählte Stichproben darzustellen und zu vergleichen. Diese Darstellung ist unabhängig von der Probenauswahl und -anzahl und es lassen sich später beliebig weitere Proben ergänzen. Darüber hinaus ist sie für den Betrachter auch wesentlich einfacher zu lesen, denn die abgebildeten Punkte basieren direkt auf den Messwerten und nicht auf kompliziert zusammengesetzten Hauptkomponenten. Um die Details etwas anschaulicher zu machen, habe ich die Darstellung der folgenden Grafiken etwas vergrößert und die x- und y-Achse mit der Berechnungsformel für die Koordinaten versehen.



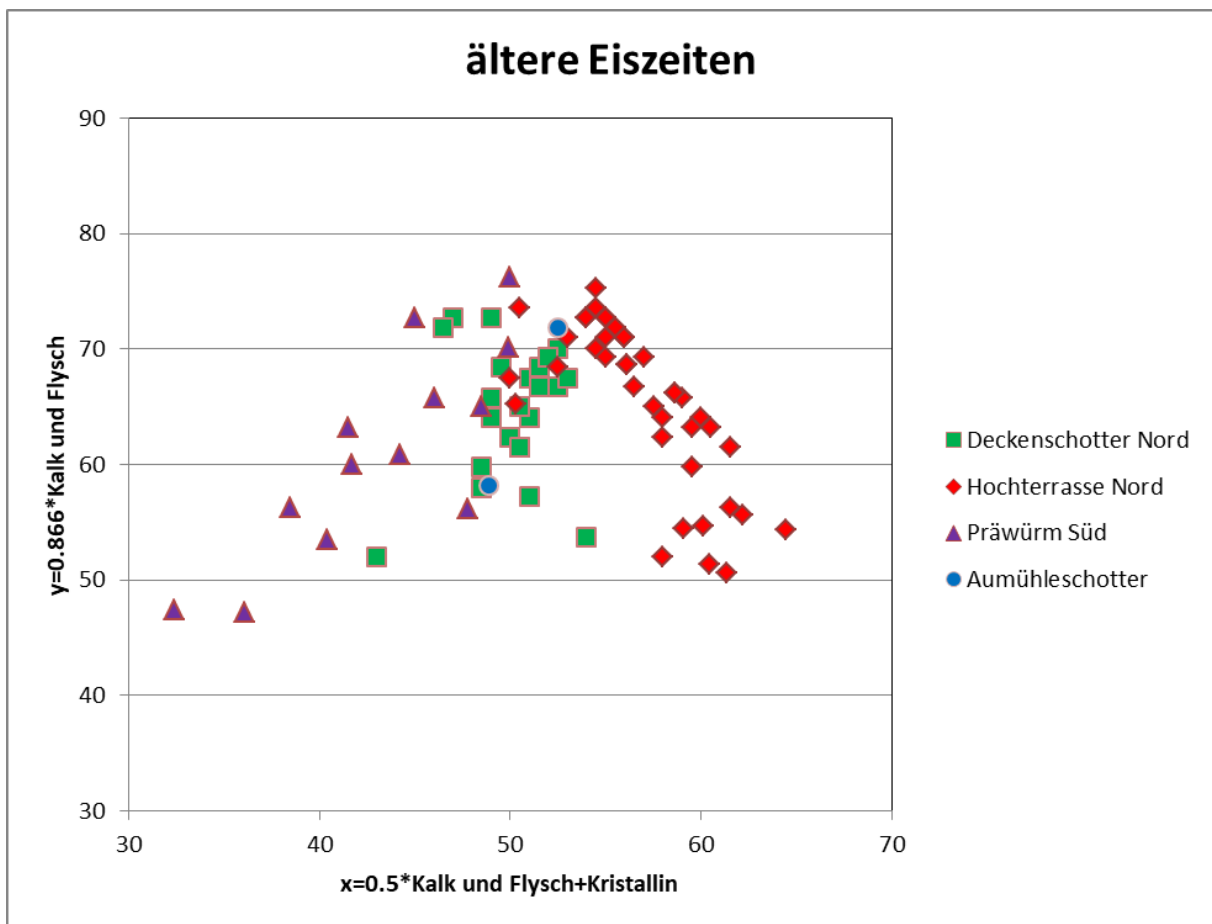
Geographische Verteilung der Proben (eigene mit schwarzen Rahmen und Nummern, andere mit hellen Rahmen und Nummern). Die Farben entsprechen den drei Hauptgruppen der Gruppierungsanalyse.



Graphische Darstellung der drei Hauptgruppen der Gruppierungsanalyse. Die Farben entsprechen den drei Hauptgruppen der Gruppierungsanalyse.

Wie bei den Proben der Deckenschotter fällt auch hier auf, dass insbesondere Freis Werte alle vom hohen Kristallgehalt geprägt sind, obwohl Hipp und Graf für dieselben stratigraphischen Einheiten ganz andere Resultate liefern. Auch die Proben von Geiger sind im Vergleich zu Hipp und Graf sehr kristallinreich. In all diesen Fällen liegt dies

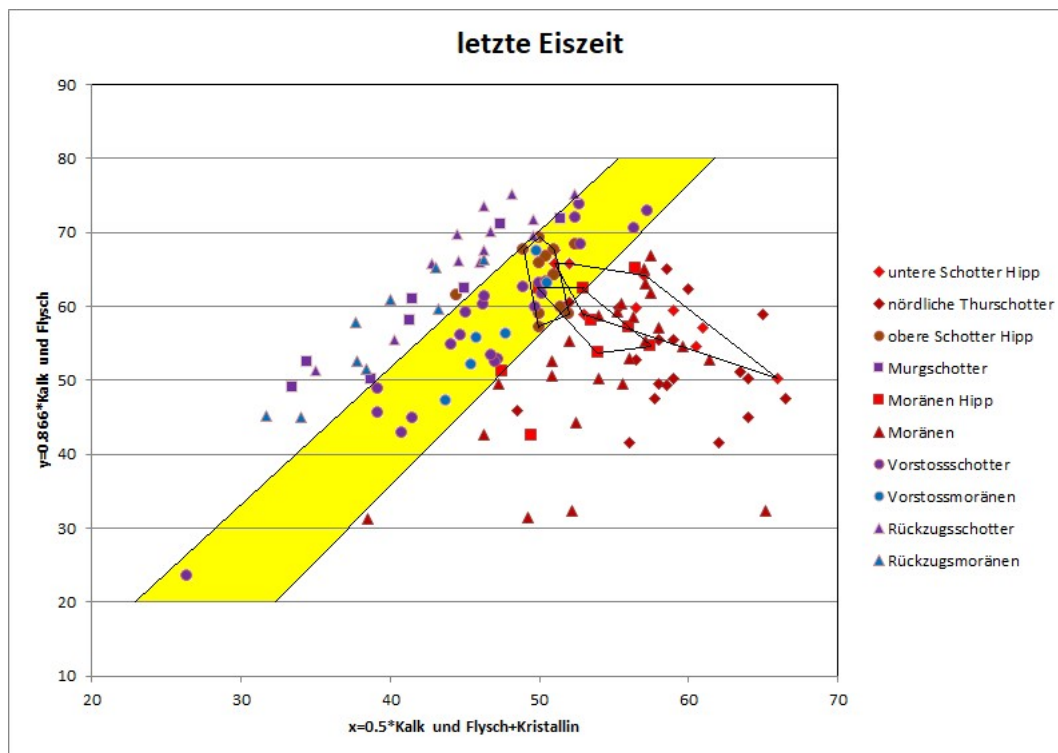
wahrscheinlich an der unterschiedlichen Behandlung von aufgearbeiteten Nagelfluhgeröllen. Für die nachfolgenden Analysen beschränke ich mich daher weitgehend auf die Proben von Hipp, Graf und natürlich von mir selber.



Die ‚Deckenschotter Nord‘ Gruppe umfasst die Proben vom Kohlfirst, Stammerberg, Kleebeck und Reutenen (alle aus Graf 2009), die ‚Hochterrasse Nord‘ Gruppe diejenigen des Ittingen- und Buchbergschotters (aus Kaden 1987, Graf 2009 und Geiger 1943, sowie die Probe 100 aus Bolz) und die ‚Präwürm Süd‘ Gruppe diejenigen von Grimm (Hipp 1986), Felsenholz und Bischofsberg (Hipp 1986, Bolz), sowie Heid, Braunauer Höhe, Girenbad und Wolfsgrueb (Bolz).

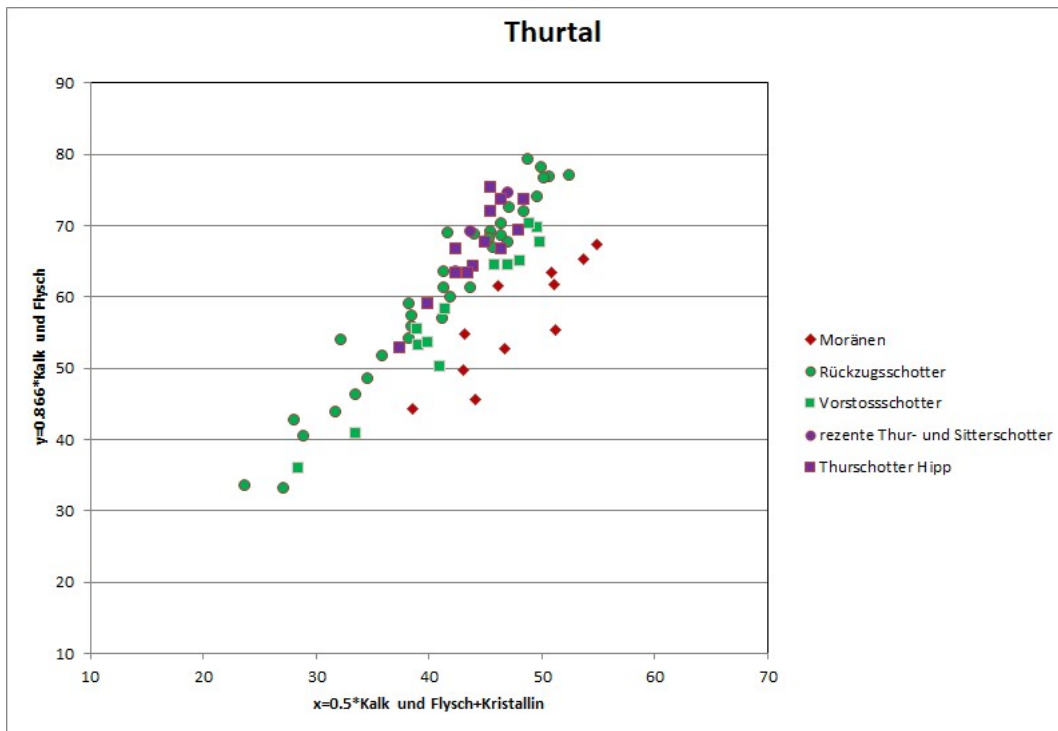
Ein Vergleich der ältesten Schotter von Hipp mit dem Heidschotter wurde bereits im entsprechenden Kapitel angestellt. Die Darstellung oben zeigt sehr schön, dass sich die Ablagerungen verschiedenen Alters zwar gegenseitig abgrenzen lassen und dass tendenziell eine Verschiebung von links nach rechts mit abnehmendem Alter einhergeht, dass aber die Sedimente am Südrand des Rheingletschers eine eigene noch weiter links angesiedelte Gruppe bilden, die nicht mit kristallinarmen Proben anderer Regionen verwechselt werden darf.

In Bezug auf die Gruppierungsanalyse lässt sich sagen, dass die Deckenschotterproben von Graf (Gr xxK und xxS) überwiegend in die kalk- und flyschreiche Gruppe fallen. Die Hochterrassenproben von Graf (Gr xxH), Geiger (Ge 18-23), Kaden (Ka 3-20) und Bolz (Bo 100) ordnen sich in der kristallinreichen und der kalk- und flyschreichen Gruppe ein. Die Präwürmpuben von Hipp (Hi 2, 22, 25-27) teilen sich auf die kalk- und flyschreiche und die molassereiche Gruppe auf, ebenso diejenigen von Bolz (Bo 21, 52, 76, 82, 129, 139 und 140). Bei den Proben Bo 97, 98 und 147 (Schotter von Aumühle, Lüdem und Braunauer Höhe) ist anzunehmen, dass sie aufgrund ihrer Zusammensetzung wie diejenigen vom Bischofsberg (Hi 25, 26 und 27, sowie Bo 139) höchstwahrscheinlich nicht zur ‚Präwürm Süd‘ Gruppe gehören, sie sind also vermutlich letzteiszeitlich.



Aufteilung der letzteiszeitlichen Proben ohne Toggenburg und südliches Thurtal. Es lassen sich drei Einheiten abgrenzen, deren mittlere gelb eingefärbt ist. Zum Vergleich wurden auch die drei Einheiten von Hipp (1986) eingezeichnet. Verwendet wurden Proben von Graf 2009, Hipp 1986, Kaden 1987 und Bolz.

Wesentlich komplizierter ist die Situation bei den Sedimenten der jüngsten Eiszeit. Analogien zur Einteilung von Hipp sind mit Vorsicht zu ziehen, mit Ausnahme der Thurschotter, die unten separat behandelt werden. Die einzelnen stratigraphischen Einheiten lassen sich hier nicht eindeutig den Gruppen der Gruppierungsanalyse zuordnen. Die Grenzen verlaufen meist quer durch die Gruppen, trotzdem lassen sich zumindest drei in der Stratigraphie begründete Zonen unterscheiden. Die erste Zone (oben links) beinhaltet die Rückzugsschotter (Bo 1, 2, 5, 61, 109, 103, 6, 9, 10, 11, 19, 20 und 29), die kristallinarmen Rückzugsmoränen (Bo 79, 80, 81, 83, 114, 121, 127, 128 und 131) und die rezenten Murgschotter (Bo 30 bis 35, 136 und 145). Sie zeichnet sich durch Kristallinarmut aus, wobei die Moränen tendentiell am meisten Molassematerial enthalten. Die zweite Zone (gelb eingefärbt) umfasst die Vorstossschotter (Bo 3, 4, 39, 183, 184, 110, 111, 69, 7, 87, 133, 8, 78, 97, 105, 53, 54, 36, 153, 94, 117, 151, 126, 40 und 137) und Vorstossmoränen (Bo 38, 92, 104, 124, 144 und 147). Die Schotter liegen durchwegs unter einer Moräne und gehen nicht selten direkt in diese über. Die dritte Zone besteht aus den Moränen (Bo 37, 178, 186, 187, 64, 123, 146, 65, 179, 185, 95, 96, 63, 60, 143, 113, 168, 23, 24, 107, 132, 115, 116, 118 und 90) und den nördlichen Thurschottern (Bo 93, 99 und 150, Gr xxT, Ka 1 und 2), die meistens auch Moränen sind. Ihr Hauptmerkmal ist der hohe Anteil an kristallinen Geröllen. Diese Zone liesse sich noch in die molassereichen Moränen des Lauchelappens und die molassearmen nördlichen Thurschotter unterteilen. Von den Proben aus Hipp (1986) passen die oberen Schotter gut in die zweite Zone, während die unteren Schotter und die Moränen überwiegend zur dritten Zone gehören.



Darstellung der letzteiszeitlichen Proben aus dem südlichen Thurtal, dem Toggenburg und angrenzender Regionen. Verwendet wurden Proben von Hipp 1986 und Bolz.

Einen Sonderfall stellen die Thurschotter im südlichen Abschnitt dar, weil sich hier mein Untersuchungsgebiet mit demjenigen von Hipp (1986) überschneidet. Da ich auch weitgehend dieselben Untersuchungsmethoden wie Hipp anwende, sind die Resultate weit besser vergleichbar als die bisher besprochenen.

Auch wenn die Thurschotter eine in sich relativ geschlossene Gruppe bilden, die sich von den meisten anderen Sedimenten deutlich unterscheidet, lassen sich doch weitere Unterteilungen vornehmen. So unterscheiden sich die Moränen (Bo 16, 68, 66, 86, 119, 122, 71, 134, 138, 149 und 176, Hi 7 und 28) deutlich von den Schottern. Generell zeigt sich dasselbe Bild wie bei den Proben der anderen Regionen: Der Kristallinegehalt nimmt von den Rückzugsschottern über die Vorstossschotter zu den Moränen hin zu. Allerdings ist der Unterschied zwischen Rückzugs- und Vorstossschottern sehr gering, so wie allgemein der Einfluss des Thurgletschers in dieser Region den Kristallinegehalt vermindert und die Einheiten damit näher zusammenschiebt. Die rezenten Schotter (Hi 3 bis 6 und 49, sowie Bo 45 und 182) und die Thurschotter von Hipp (Hi 8-14, 23, 24, 44, 45 und 50 bis 52) unterscheiden sich nicht von den meisten Rückzugsschottern (Bo 12 bis 15, 120, 18, 47, 48, 70, 91, 102, 125, 142, 188, 189, 25, 43, 44, 67, 148, 50, 180, 57, 58, 59, 62, 75, 85, 106, 172, 177 und 108), weisen aber weniger Molasse auf als diejenigen aus der Littenheidrinne (Bo 22, 190, 181, 27, 56). Die Vorstossschotter (Bo 17, 42, 112, 49, 84, 46, 191, 55, 72, 74, 73, 77, und 88) stammen vorwiegend von der oberen Thurterrasse (Terrasse von Schwarzenbach) und von höher gelegenen Schottern am Ausgang des Toggenburgs. Die Rückzugsschotter dagegen liegen überwiegend in der unteren Thurterrasse (Terrasse von Niederstetten) und in der Littenheidrinne, sowie ebenfalls in höheren Schottern.

Analyse der Gruppe ‚Kristallin und andere‘ (Gruppe der Leitgesteine):

Es liegt auf der Hand, dass eine Einteilung der Sedimente in meinem Arbeitsbereich eine genauere Analyse verlangt. Diese wird mittels Aufteilung der Gruppe ‚Kristallin und andere‘ versucht. Diese Gruppe drängt sich auf, weil sie die meisten typischen Leitgesteine enthält. Nur diese können mit einiger Sicherheit bestimmten Liefergebieten zugeordnet werden. Für die beiden anderen oben verwendeten Hauptgruppen ist das nur in Spezialfällen möglich. Diese wurden bereits bei der Besprechung der entsprechenden Sedimente behandelt.

Die drei Hauptbestandteile der Gruppe ‚Kristallin und andere‘ sind Quarzit, helle Gneise und Radiolarit (inkl. Hornsteine). Die Proben lassen sich in zwei Hauptgruppen und eine Übergangsguppe einteilen:

- a) Rheingletschersedimente
- b) Lokale Sedimente (Thurgletschersedimente)
- c) Gemischte Sedimente

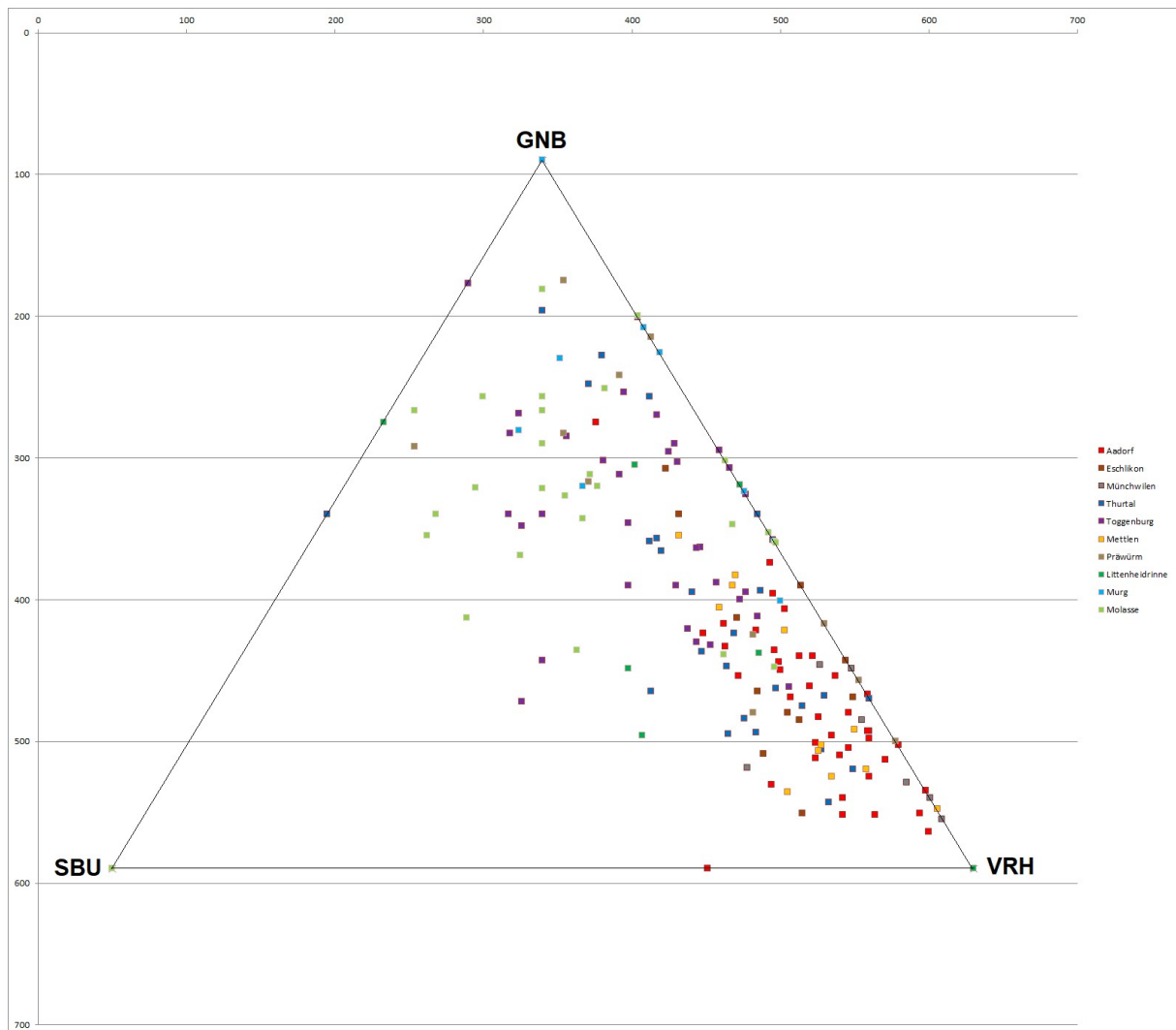
Die Rheingletschersedimente weisen einen hohen Gneisgehalt auf, während bei den lokalen Sedimenten der Radiolaritanteil überwiegt und die gemischten Sedimente viel Quarzit enthalten. Die Zuordnung einiger Nagelfluhproben deutet darauf hin, dass die beiden letzteren Gruppen zu einem grossen Teil aus aufgearbeiteten Molassegeröllen bestehen. Da solche Proben auch ausserhalb des direkten Einflussbereiches des Thurgletschers auftreten, verwende ich den Begriff ‚lokale Sedimente‘. Als grobe Faustregel kann gelten, dass alle Rheingletschersedimente über 30% Gneis, sowie alle lokalen Sedimente mehr als 40% Radiolarit aufweisen, während die gemischte Gruppe beide Kriterien nicht erfüllt.

Ersetzt man die zwar am häufigsten auftretenden, aber wegen der verschiedenen Herkunft wenig aussagekräftigen Quarzite durch das nächsthäufige Leitgestein, den Amphibolit, so ergibt sich ein ganz ähnliches Bild. Auch hier ergeben sich eine klare Radiolaritgruppe (über 60%) und eine Gneisgruppe (meist über 50%), während sich keine eigentliche Amphibolitgruppe abzeichnet.

Zusammengefasst lassen sich die Proben wie folgt einteilen:

- a) Sehr viele Proben aus der Achse Lauche-Eulachtal und nördlich davon, sowie in den davon nach Süden abzweigenden Tälern und Becken innerhalb des Gletscherstandes von Stein am Rhein, einige wenige Proben aus dem südlichen Thurtal nahe von Eisrandlagen des Rheingletschers.
- b) Viele Proben aus dem südlichen Thurtal und dem Toggenburg, der Littenheidrinne und des oberen Murgtales
- c) Viele Proben aus höheren Lagen im Grenzbereich zwischen Rhein- und Thurgletscher, einige Proben von Orten, wo der Eisrand des Rheingletschers nahe bei nagelfluhreichen Molasseerhebungen lag oder rezenten Schottern Moränenmaterial beigemischt wird (unteres Murgtal).

Regionale Aufteilung der Gruppe ‚Kristallin und andere‘:



Glarus-Nordbünden (GNB): Radiolarit, Verrucano, Spilit, Taveyane Sandstein und Buntsandstein

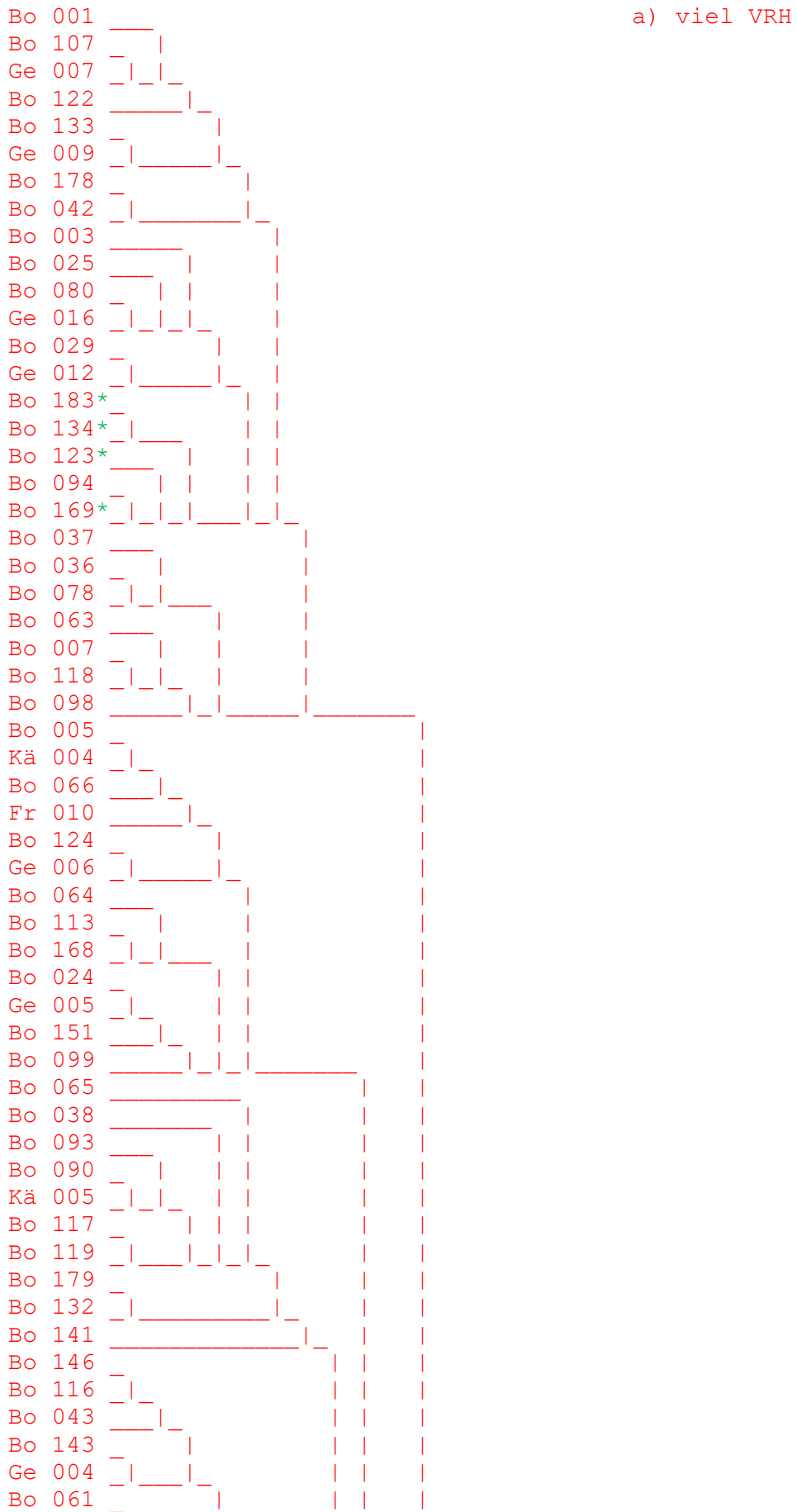
Vorderrhein (VRH): helle Gneise, Amphibolit, rote und weisse Granite, Diorit, Syenit und Ilanzer Verrucano

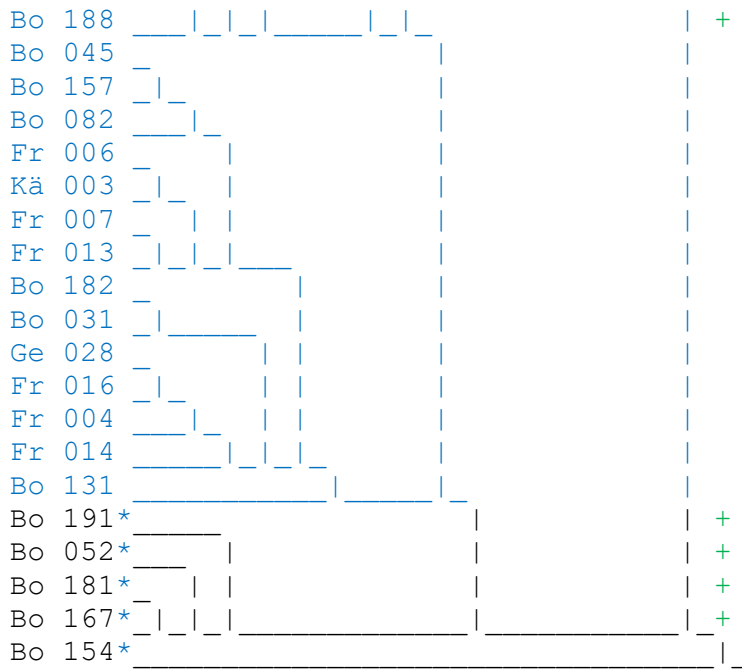
Südbünden (SBU): Ophiolithe, Juliergranit, Variolit, Rofnaporphyr und Taspinitbrekzie

Diese Einteilung wird im Kapitel „Tabellen“ näher erläutert.

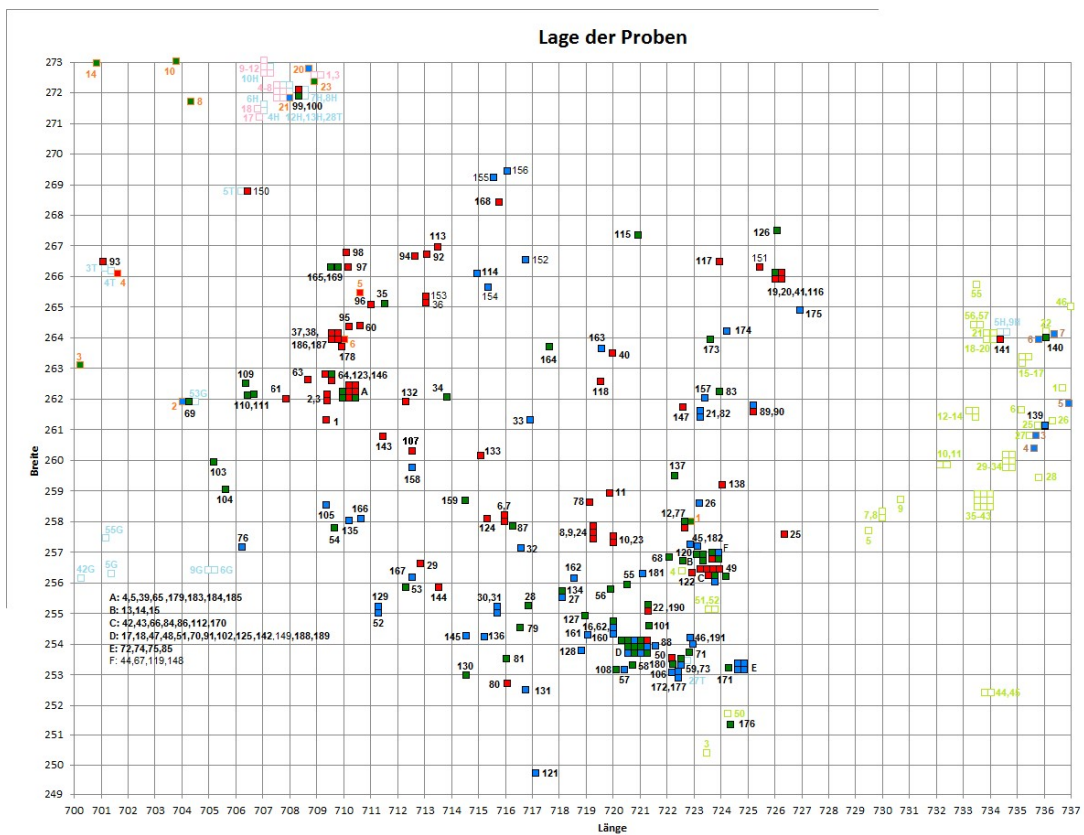
Für die nachfolgende Gruppierungsanalyse wurden auch Proben von Frei (Fr 01-16), Geiger (Ge 01-30) und Käser (Kä 01-10) verwendet. Der jeweilige Entnahmeort ist der entsprechenden Liste im Kapitel „Tabellen“ zu entnehmen. Zu beachten ist, dass es sich hier nicht um absolute Werte handelt, sondern um prozentuale, die Summe der drei Gruppen ist also immer 100%. Das erlaubt es auch Proben von Frei und Geiger einzubeziehen, die bei absoluten Zahlen wegen ihres hohen Kristallinanteils aus dem Rahmen fallen würden.

Gruppierungsanalyse der regionalen Aufteilung der Gruppe „Kristallin und andere“:



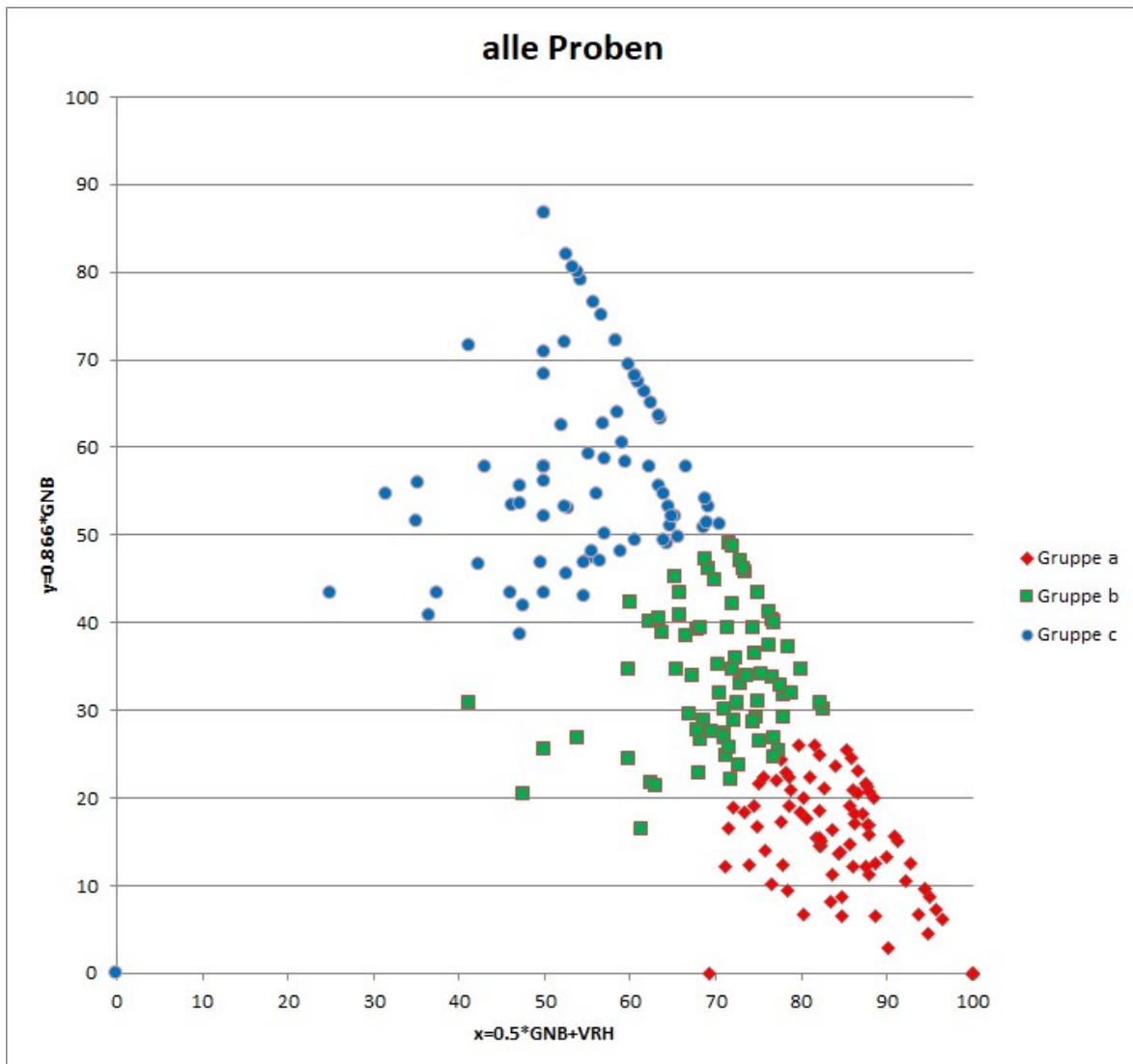


- + Subgruppen mit hohem Anteil an SBU
- * nach Diskriminanzanalyse mit 3 Gruppen zur Gruppe a)
- * nach Diskriminanzanalyse mit 3 Gruppen zur Gruppe b)
- * nach Diskriminanzanalyse mit 3 Gruppen zur Gruppe c)

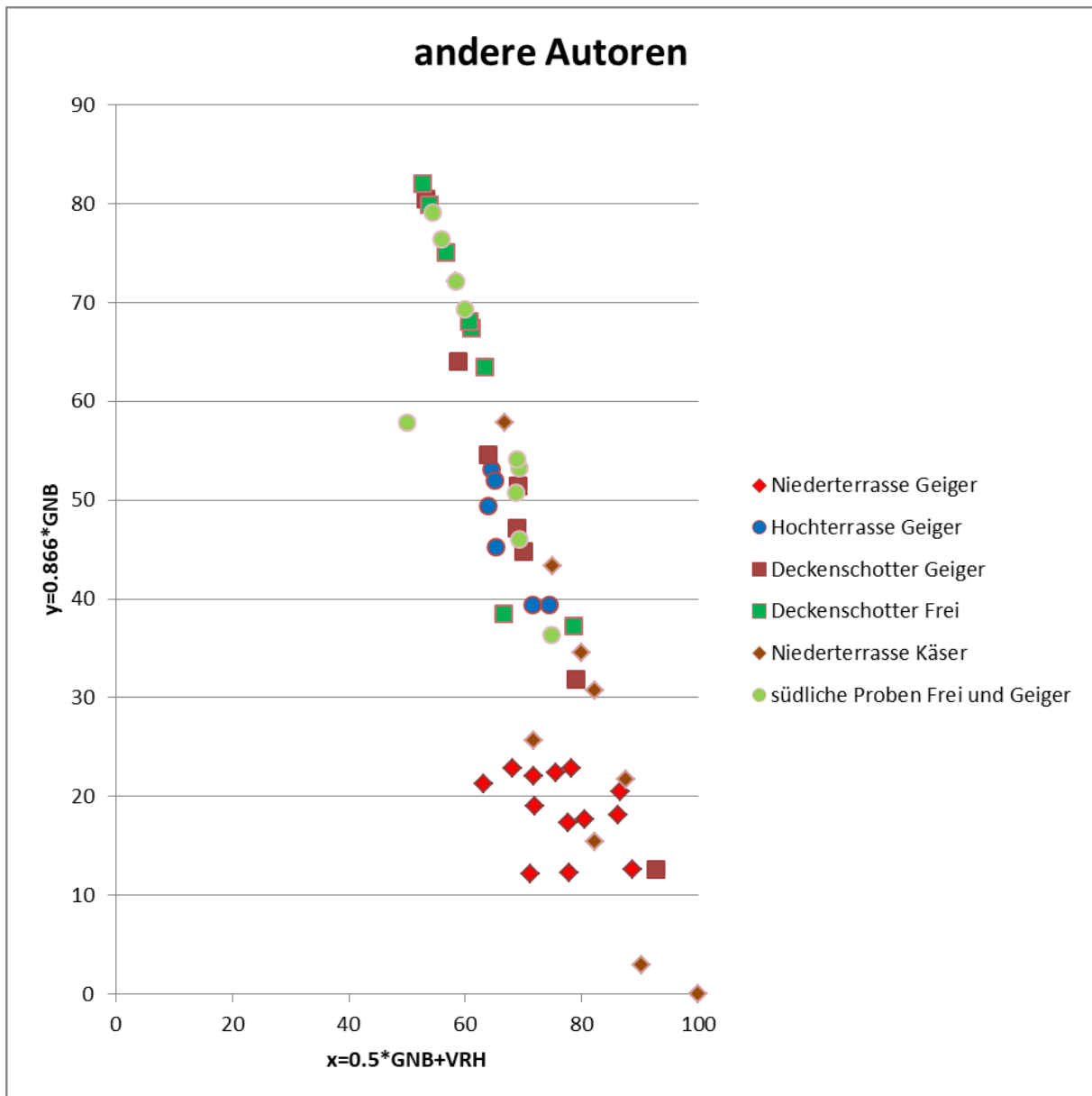


Geographische Verteilung der Proben (eigene mit schwarzen Rahmen und Nummern, Proben von Geiger mit orangen Rahmen und Nummern, Proben von Frei mit lila Rahmen und Nummern). Die Farben entsprechen den drei Hauptgruppen der Gruppierungsanalyse (rot: Vorderrhein, grün: Durchschnitt, blau: Glarus-Nordbünden).

Auch hier könnte man mit einer Hauptkomponentenanalyse arbeiten, um die gebildeten Gruppen darzustellen. Wie schon bei der Einteilung nach den drei Hauptgruppen gilt aber auch hier, dass damit gegenüber der Dreiecksdarstellung wenig gewonnen werden kann. Sind die beiden Hauptkomponenten bei der ersten Analyse noch einigermaßen gleich gewichtet, so kommt hier erschwerend dazu, dass die erste Hauptkomponente, die sich praktisch aus dem Verhältnis von VRH zu GNB ergibt, über 90% der Varianz erklärt, während die zweite Hauptkomponente, die dann auch SBU einbezieht, beinahe vernachlässigbar ist.

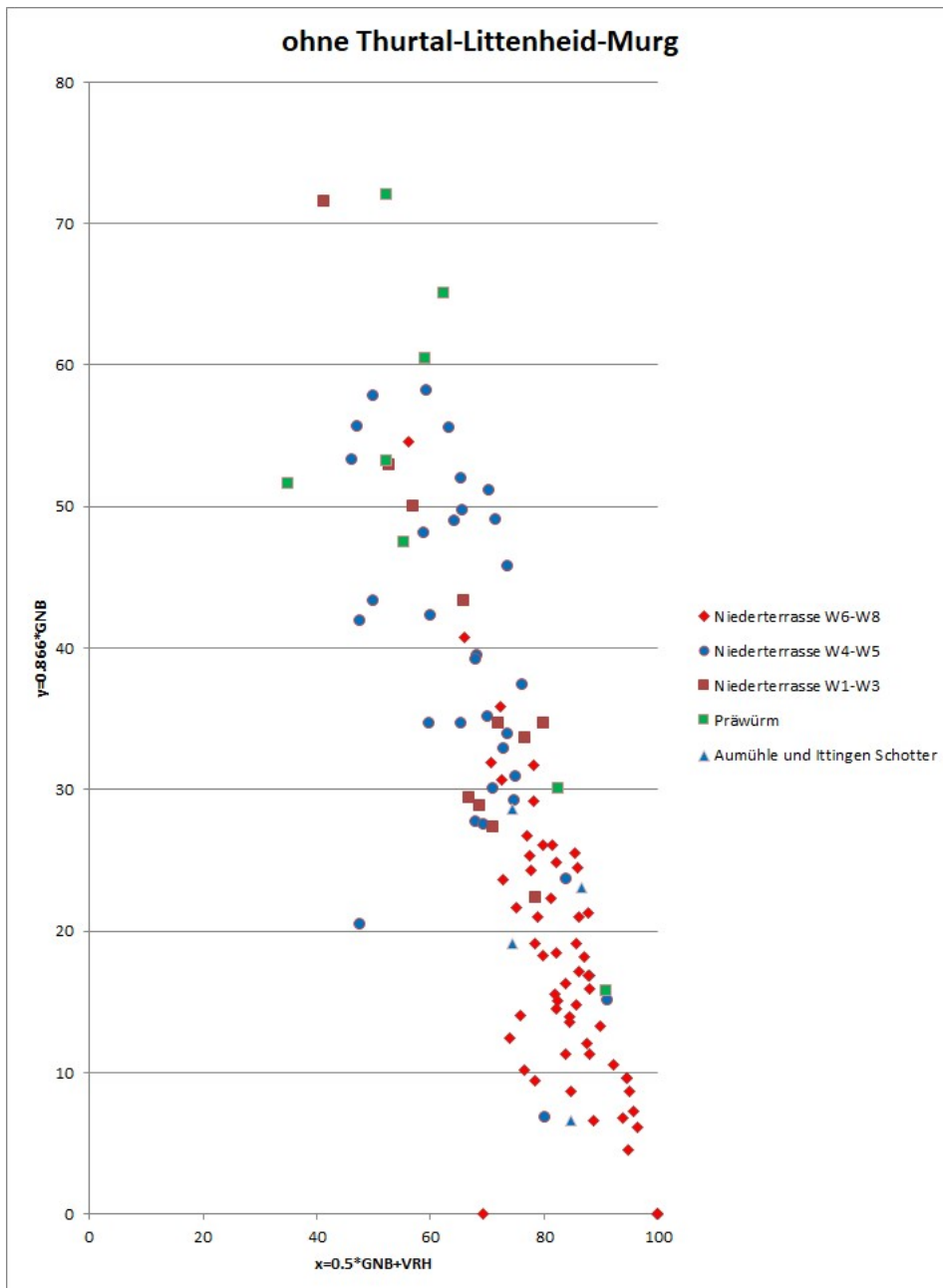


Darstellung der drei Hauptgruppen der regionalen Einteilung der Gruppe ‚Kristallin und andere‘



Darstellung der Proben von Frei, Geiger und Käser nach der regionalen Einteilung der Gruppe ‚Kristallin und andere‘

Zur besseren Übersicht habe ich oben die Proben von Frei, Geiger und Käser separat dargestellt. Gut ersichtlich ist, dass sich die Proben aus der letzten Eiszeit (Niederterrasse) klar von den älteren unterscheiden. Die einzige Ausnahme bilden einige Proben von Käser, die durch den Linthgletscher geprägt sind und daher mehr GNB Gerölle enthalten. Ebenfalls deutlich kommt das Phänomen zum Vorschein, dass Proben südlich des Thurtales (südliche Proben) oftmals ähnlich zusammengesetzt sind wie solche aus älteren Eiszeiten, selbst wenn sie eindeutig der letzten Eiszeit zuzuordnen sind.

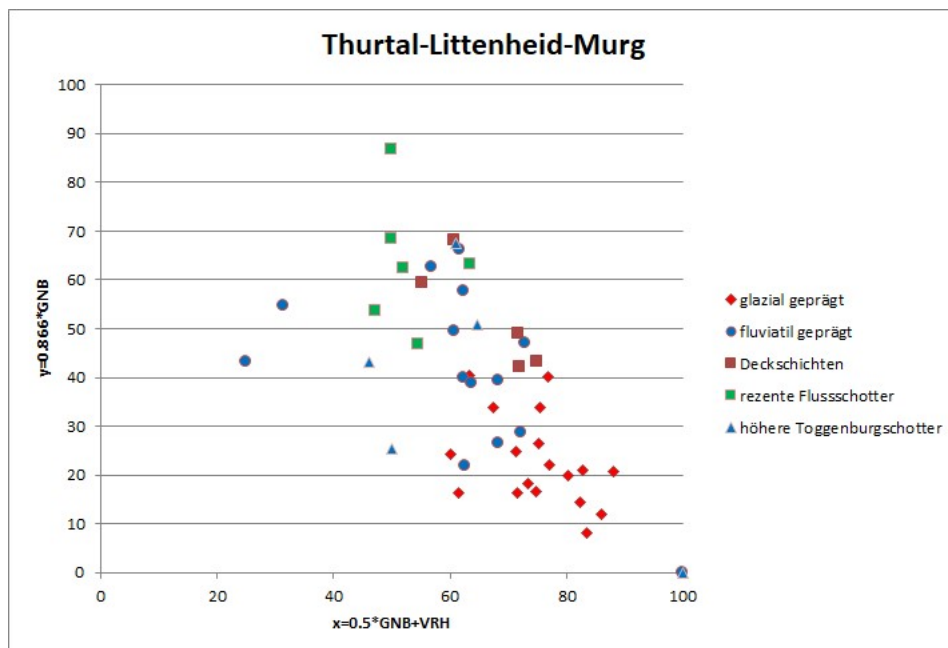


Darstellung ausgewählter Proben von Bolz nach der regionalen Einteilung der Gruppe ‚Kristallin und andere‘

Diese Feststellungen lassen sich problemlos auf meine Proben übertragen und können noch etwas differenziert werden. Da fast alle Proben aus Gebieten südlich des Thurtales stammen, gibt es bei den letzteiszeitlichen Proben nicht nur VRH-geprägte, sondern auch GNB-geprägte. Während die Proben aus dem Stein am Rhein Stadium mit den entsprechenden Proben der anderen Autoren übereinstimmen, sind die Proben aus dem Feuerthalen Stadium (W4-W5) deutlich GNB-geprägt, was aus ihrer meist südlichen Lage erklärbar ist. Interessanterweise nehmen die Proben des Maximalstandes (W1-W3) eine Mittelstellung zwischen den beiden anderen Stadien ein, obwohl auch sie überwiegend aus den südlichen Randgebieten stammen. Die Probe 147 von der Braunauer Höhe wurde hier der Präwürmgruppe zugeteilt. Ihre starke VRH-Prägung zeigt, dass diese Einteilung aber sehr fraglich ist. Auch hier ist wiederum darauf hinzuweisen, dass einzelne Proben ihre Prägung hauptsächlich aufgearbeitetem Material aus der näheren Umgebung verdanken, so etwa die Probe 114 aus der W6-W8-Gruppe, die sehr stark GNB-lastig ist, obwohl sie vom Imenberg stammt.

In den beiden nachfolgenden Darstellungen werden die Sedimente aus dem Thurtal bei Wil genauer untersucht. Eingeschlossen sind auch die Proben aus der Littenheidrinne und dem oberen Murgtal, nicht jedoch die in der oberen Grafik berücksichtigten Proben aus dem Maximal- und Feuerthalenstadium aus dem Raum Jonschwil-Kirchberg. Dabei wählte ich zwei verschiedene Kriterien für die Bildung der Gruppen.

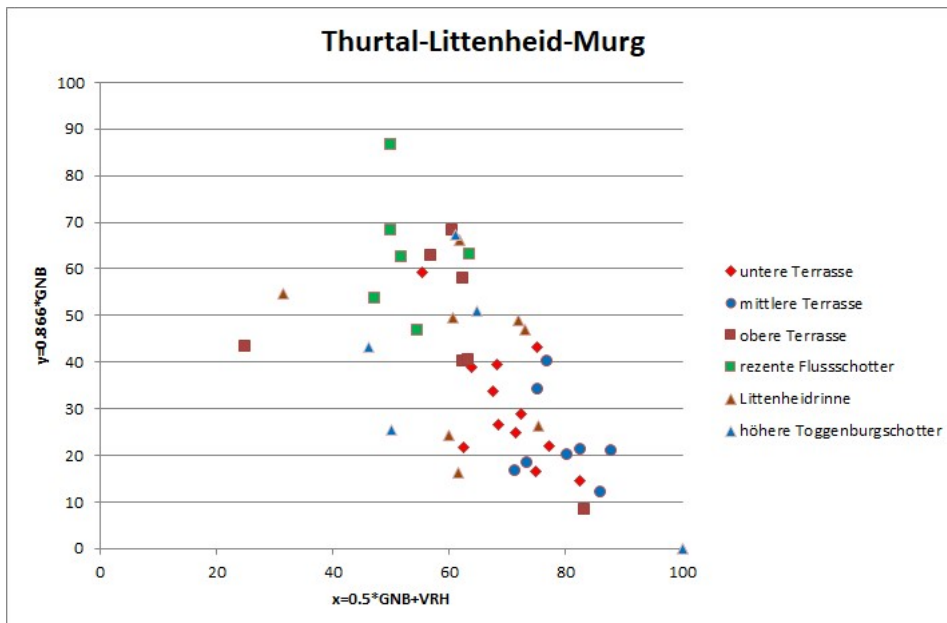
Aus der morphologischen Einteilung geht hervor, dass eher glazial geprägte Proben weitgehend mit den Proben des Stein am Rhein Stadiums der vorherigen Darstellung übereinstimmen. Die eher fluviatil geprägten Proben sind dagegen näher bei den älteren Sedimenten aus der obigen Darstellung. Dies, obwohl sämtliche Proben dieser Analyse aus dem Stein am Rhein Stadium der letzten Eiszeit stammen. Auch die Deckschichten (Groblagen) und die rezenten Flussschotter sind GNB-geprägt. Die Begriffe glazial und fluviatil beziehen sich hier nicht immer auf den Zurundungsgrad der Gerölle, sondern auch auf die Distanz des Entnahmeortes zum Eisrand.



Darstellung der Proben von Bolz aus dem Thurtal, der Littenheidrinne und dem oberen Murgtal nach der regionalen Einteilung der Gruppe ‚Kristallin und andere‘ (morphologische Einteilung)

Interessant sind die Differenzen, die sich aus der geographischen Einteilung unten ergeben. Am stärksten VRH-geprägt sind die Proben aus der mittleren Thurterrasse (Niveau von Schwarzenbach), gefolgt von denjenigen der unteren Thurterrasse (Niveau von Niederstetten), wobei die beiden Proben aus den Deckschichten sich etwas von diesem Bild abheben. GNB-geprägt sind die Proben aus den rezenten Flussschottern, sowie der oberen Terrasse (Niveau von Bazenheid) und der Littenheidrinne. Bei den Proben aus der Littenheidrinne fallen allerdings die Proben Wuhrenholz und Rütihof, sowie die obere Probe von Littenheid eindeutig in die VRH-Gruppe, was wegen ihrer dem Rheingletscher direkter zugewandten Lage nicht überraschend ist. Insgesamt lassen sich die verschiedenen Sedimente aufgrund dieser Analyse gut in Rhein- (VRH) und Thurablagerungen (GNB) auftrennen. Von der Thur beeinflusst sind hauptsächlich die obere Thurterrasse und die Littenheidrinne, vom Rhein beeinflusst die eisrandnahen Ablagerungen der unteren und mittleren, aber auch der oberen Terrasse.

Diese Resultate werden mit der nachfolgenden dritten Gruppierungsanalyse noch etwas weiter aufgeschlüsselt.



Darstellung der Proben von Bolz aus dem Thurtal, der Littenheidrinne und dem oberen Murgtal nach der regionalen Einteilung der Gruppe ‚Kristallin und andere‘ (geographische Einteilung)

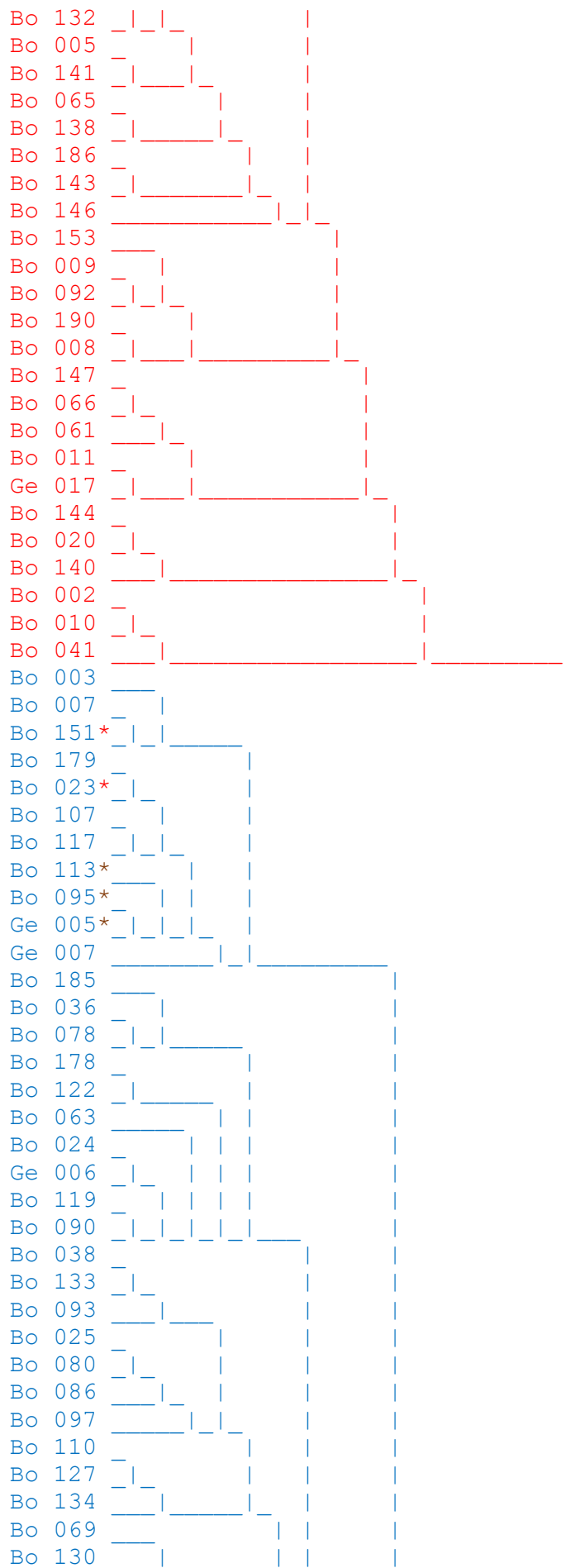
Gruppierungsanalyse der Aufteilung der Gruppe ‚Kristallin und andere‘:

Diese Analyse basiert auf der Aufteilung der Gruppe ‚Kristallin und andere‘ in sieben Komponenten (Quarzit-, Gneis-, Radiolarit-, Amphibolit-, Verrucano-, Granit- und Ophiolithgruppe). Die genaue Einteilung der Gruppen ist dem Kapitel ‚Tabellen‘ zu entnehmen. Es wurden dazu die prozentualen Anteile der Komponenten am Total der Gruppe ‚Kristallin und andere‘ verwendet. Versuche mit absoluten oder logarithmischen Werten, wie sie etwa Graf (2009) benutzte, führten nicht zu aussagekräftigen Einteilungen, sondern zu einer starken Aufsplitterung in viele kleine Gruppen. Ausserdem sollen in dieser Analyse nicht wie in der ersten kristallinreiche von kristallinarmen Proben getrennt werden, sondern Unterschiede innerhalb der Kristallingruppe herausgearbeitet werden. Bei der Interpretation der Resultate muss natürlich mit sehr kristallinarmen Proben, etwa den Proben 50 und 51, vorsichtig umgegangen werden. Von den sieben Komponenten wurde auf die Quarzitgruppe verzichtet, da diese aufgrund der verschiedenen Herkunft der Quarzite wenig aussagekräftig ist. Eine Gruppierungsanalyse unter Einschluss der Quarzite ergab kein wesentlich anderes Bild als nur mit sechs Komponenten; es bildete sich lediglich eine neue Gruppe mit allen quarzitreichen Proben. Unter diesen Proben sind sämtliche 16 Proben von Frei (1912) zu finden, was den Verdacht nährt, dass die hohen Werte für die Quarzitgruppe nicht auf einen signifikant höheren Anteil an Quarziten zurückzuführen ist, sondern auf eine andere Zuordnung der Gerölle.

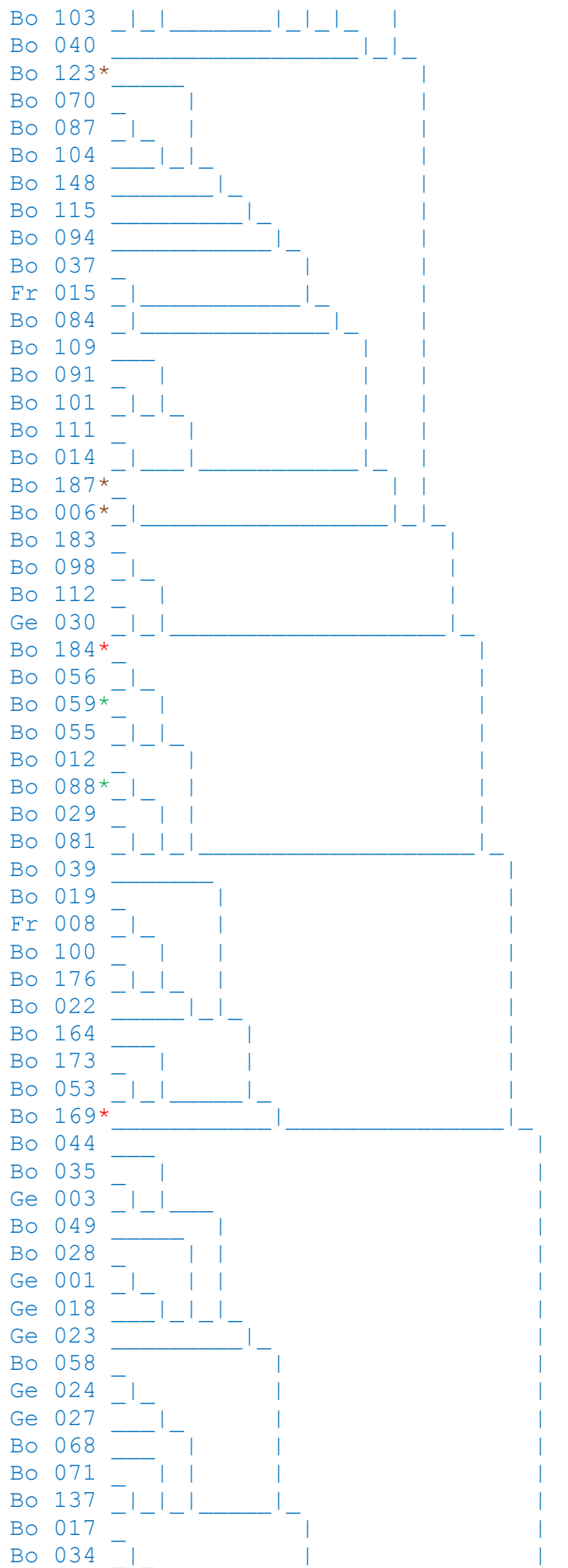
Für die nachfolgende Gruppierungsanalyse wurden auch Proben von Frei (Fr 01-16), Geiger (Ge 01-30) und Hofmann (Ho 01-02) verwendet. Der jeweilige Herkunftsort ist den Listen im Kapitel ‚Tabellen‘ zu entnehmen.

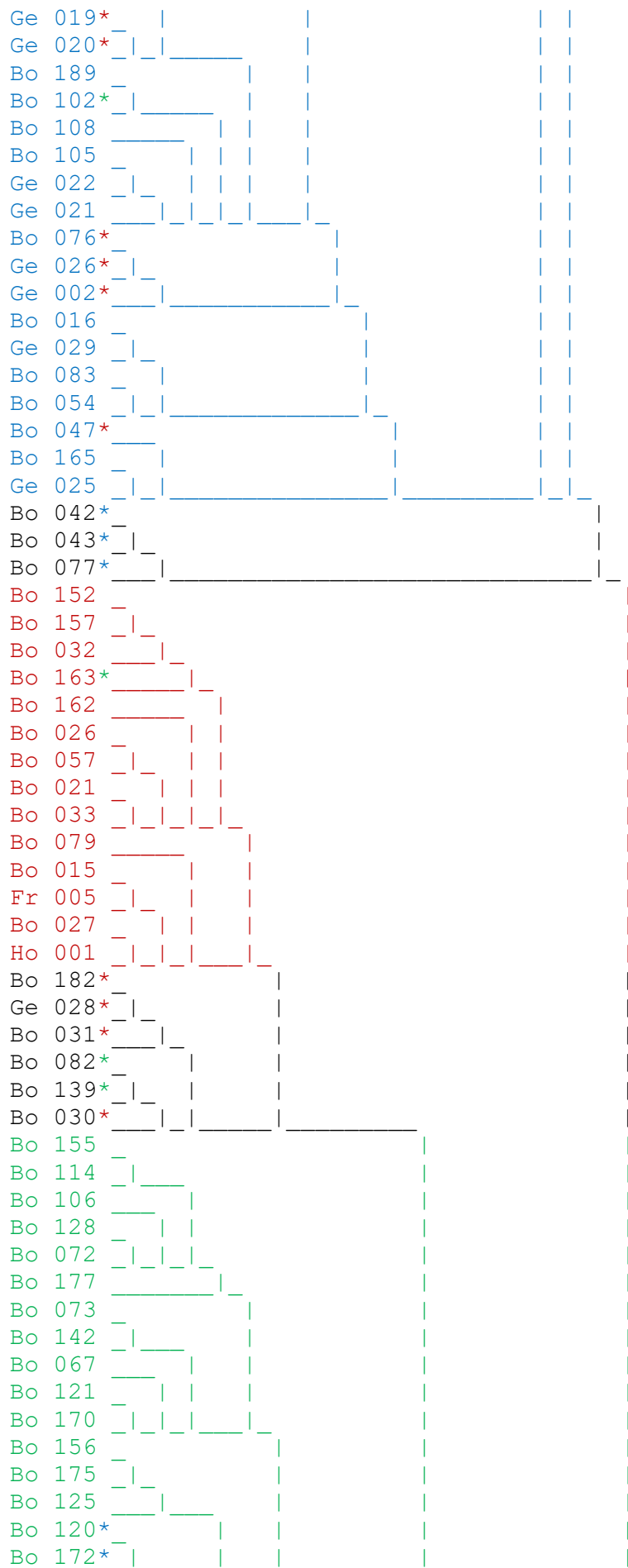
Bo 001 _
 Bo 124 _|_
 Bo 126 _|_____
 Bo 004 _|_____
 Bo 116 _|_
 Bo 118 _|_

a) GNE (AMP, GRA)



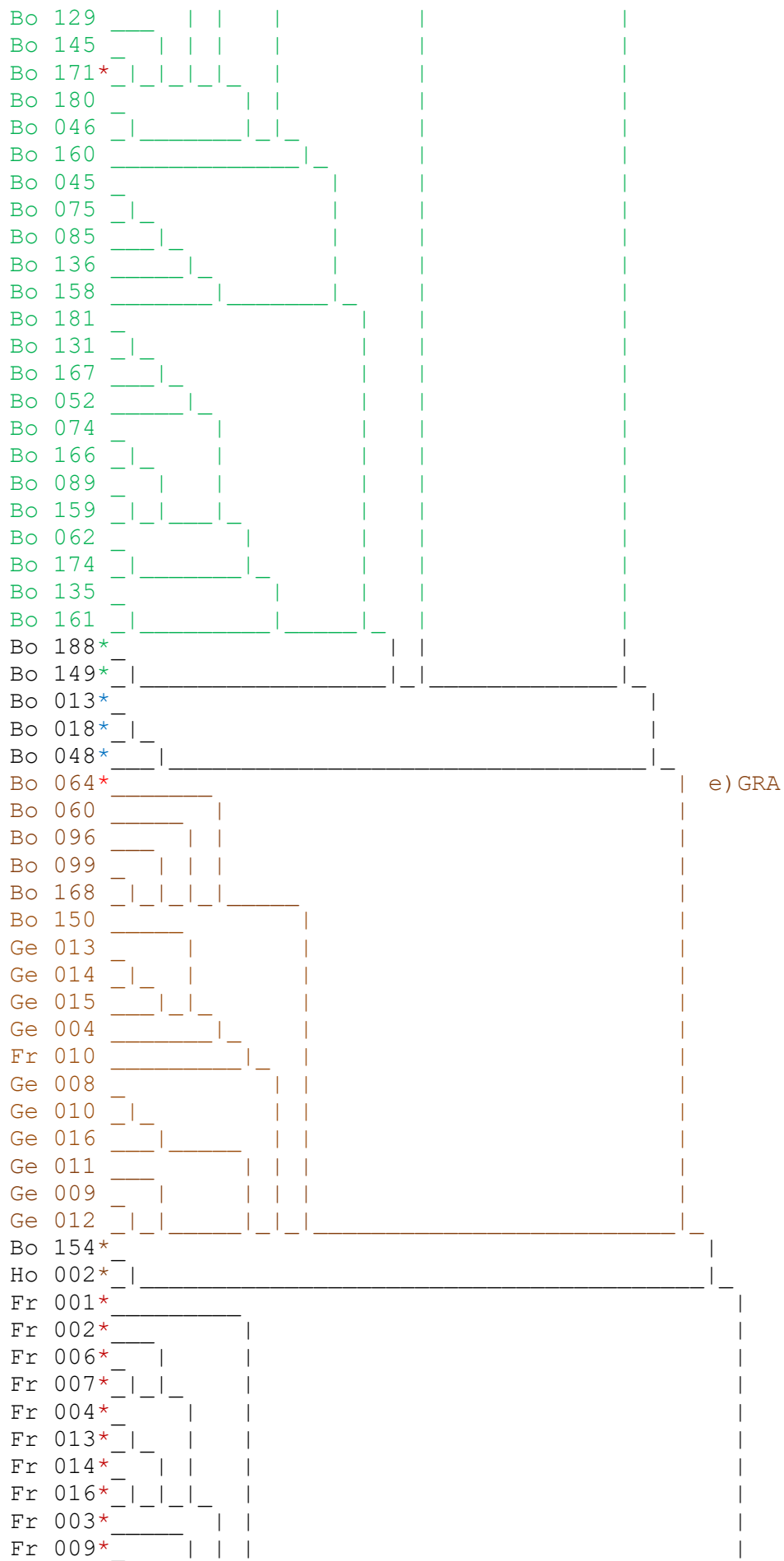
b) durchschnittlich

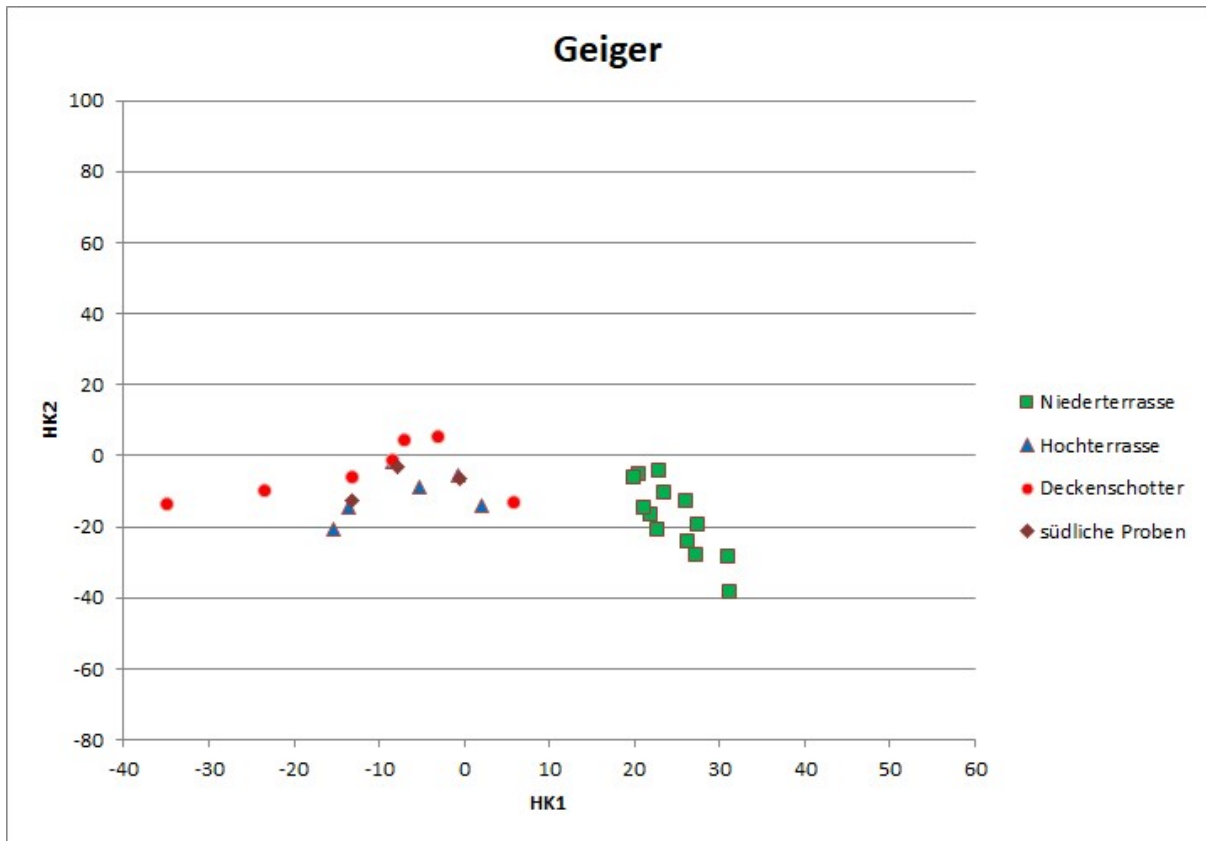




c) RAD (VER)

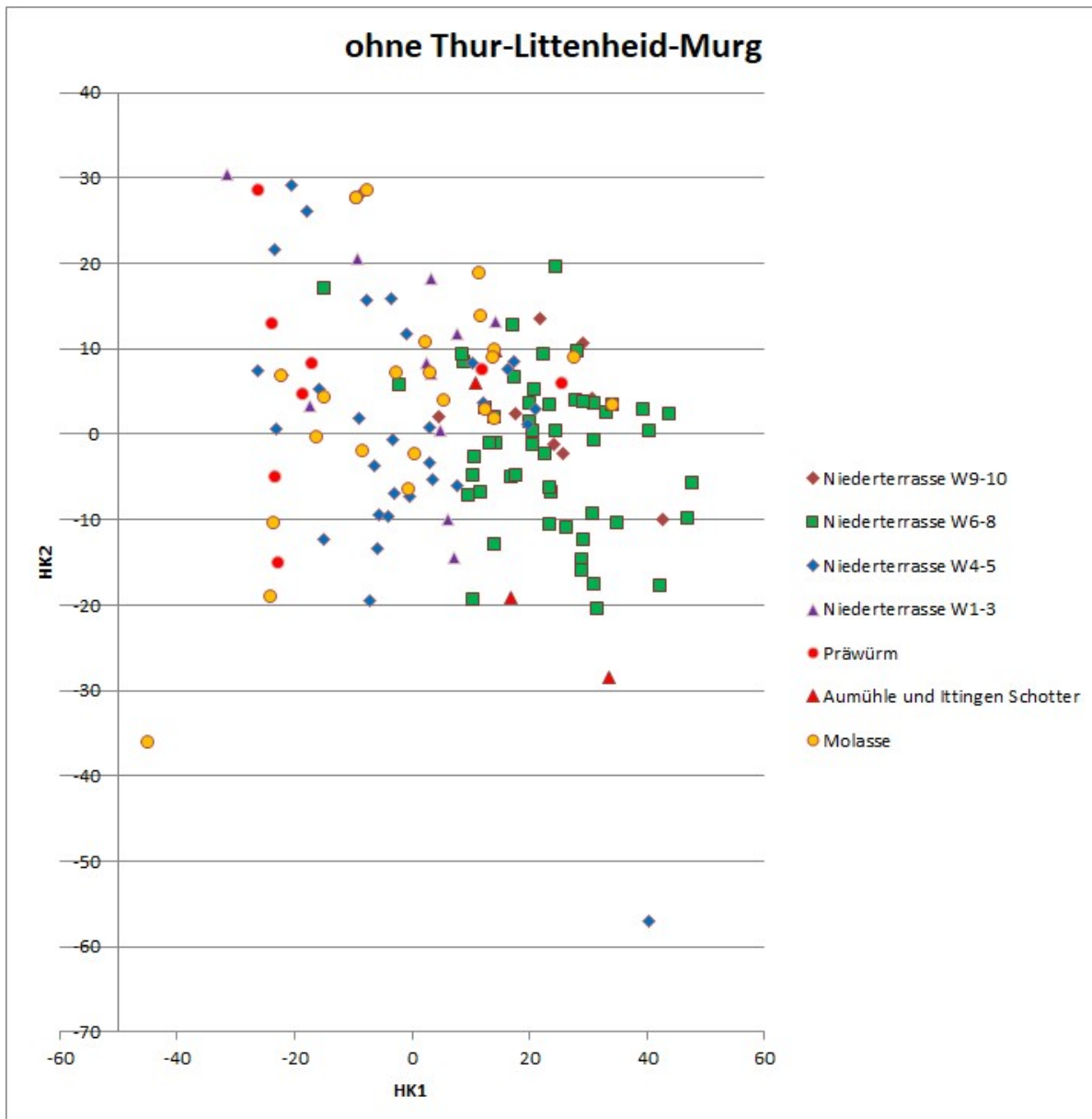
d) OPH (VER, RAD)





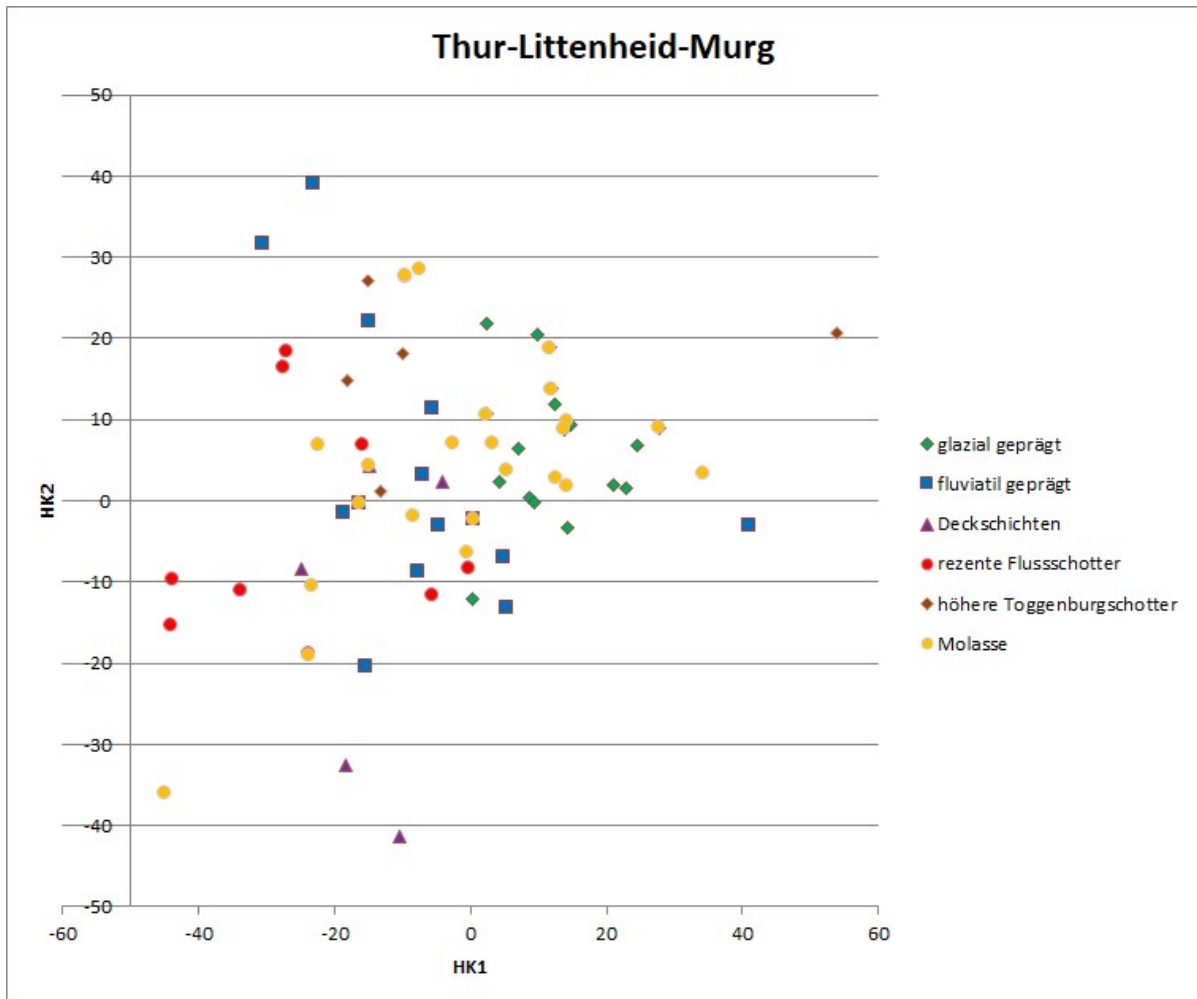
Darstellung der ersten und zweiten Hauptkomponente für vier Gruppen von stratigraphischen Einheiten

In der Hauptkomponentenanalyse der Proben von Geiger lässt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den jüngsten Ablagerungen (Niederterrasse, Proben Ge 4-16) und allen älteren (Hochterrasse, Proben Ge 18-23; Deckenschotter, Proben Ge 24-30) erkennen, während sich die älteren nur minim voneinander abheben. Auch hier ist wiederum zu erwähnen, dass sich die drei südlichen Proben Ge 01-03 im Bereich der älteren Sedimente befinden, was ihre falsche Alterseinstufung bewirken konnte. Diese Zweiteilung der Proben lässt sich gut auf meine eigenen übertragen. Auch die Proben von Frei und Hofmann, die hier nicht dargestellt werden, ordnen sich zwangslos in dieses Schema ein.



Darstellung der ersten und zweiten Hauptkomponente für die Proben aus dem Bereich der vier Hauptstadien der letzten Eiszeit und der älteren Ablagerungen (Prävürm, Ittingen Schotter, Molasse)

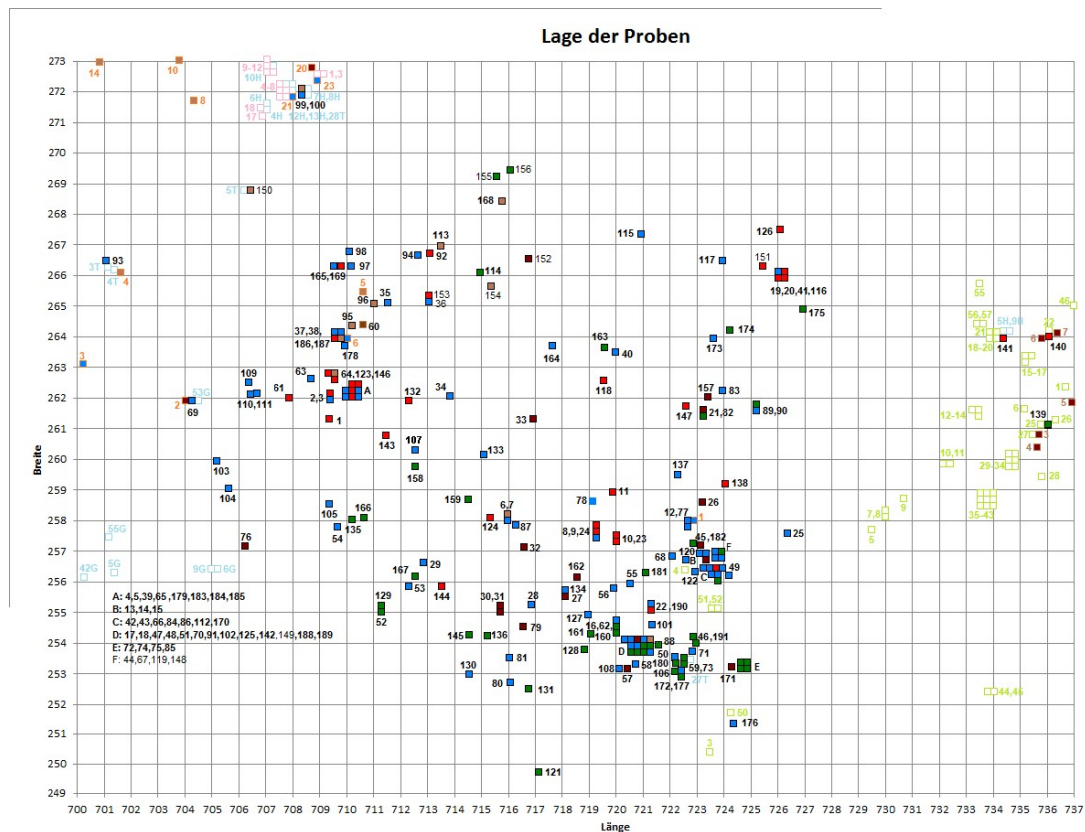
So wird die erste Gruppe in meinem Arbeitsgebiet, die der Niederterrassengruppe von Geiger entspricht, vor allem von den Proben im Bereich des Lauchelappens der Stadien W6 bis W10 gebildet. Der zweiten Gruppe gehören auch hier alle Proben von Sedimenten älterer Eiszeiten an. Wie schon in der vorherigen regionalen Analyse erweisen sich die Schotter von Aumühle und Lüdem eher als letzteiszeitlich, obwohl sie sich hier nicht markant von den Ittingen Schottern unterscheiden. Interessanterweise zählen auch die Proben aus dem Bereich der letzteiszeitlichen Stadien W4 und W5 deutlich der zweiten Gruppe an. Auch hier spielt vermutlich die oben schon erwähnte südliche Lage dieser Sedimente eine grössere Rolle als ihr Alter. Die Molasseproben deuten an, dass die Proben der zweiten Gruppe einen erheblichen Anteil an aufgearbeiteten Molassegeröllen enthalten. Die Proben der Maximalstände der letzten Eiszeit (W1 bis W3) nehmen eine Mittelstellung zwischen den beiden jüngeren Gruppen von Proben der letzten Eiszeit ein. Die Prävürmpuben weisen die tiefsten Werte für die erste Hauptkomponente auf, mit Ausnahme des Felsenholzschotter und der Probe von der Braunauer Höhe, die Ähnlichkeiten mit dem Ittingen- und Aumühleschotter, aber auch mit anderen sicher letzteiszeitlichen Proben aufweisen.



Darstellung der ersten und zweiten Hauptkomponente für die Proben aus dem Thurtal, der Littenheidrinne und des Murgtales

Die Proben aus dem Thurtal und der Littenheidrinne bilden einen Übergang zwischen den beiden Gruppen und werden daher separat dargestellt und genauer aufgegliedert. Die Proben des Thurtales, der Littenheidrinne und des oberen Murgtales - die beiden Proben aus dem unteren Murgtal sind nicht typisch, da sie durch Moränenmaterial aus Zuflüssen beeinflusst sind - lassen sich in drei Gruppen einteilen. Die erste Gruppe wird von den glazial geprägten, die zweite von den fluviatil geprägten und die dritte von den Proben aus den rezenten Flussbetten gebildet. Die Proben aus den Deckschichten, sowie aus den höheren Toggenburgschottern gehören in die zweite Gruppe. Die Begriffe ‚glazial‘ und ‚fluviatil‘ sind dabei weniger auf die Zurundung der Gerölle zurückzuführen, als vielmehr auf ihre Ähnlichkeit mit Ablagerungen des Rheingletschers einerseits und den rezenten Flusssedimenten andererseits (gleiche Einteilung wie bei der regionalen Analyse). Die Zuteilung der Proben zu den Gruppen ist daher nicht zu vergleichen mit derjenigen aus der Analyse der drei Hauptgruppen (Moränen, Vorstoss- und Rückzugsschotter). In die glaziale Gruppe gehören die Proben aus der unteren Thurterrasse (Weidli, Henau, Freudenu) mit Ausnahme derjenigen ganz im Südwesten (Fören, Langäcker), dazu sämtliche Proben der mittleren Terrasse (Flurhof) und einige aus dem Bereich des äusseren Stein am Rhein-Stadiums W6 (Wuerenholz, Rütihof, Littenheid oben und Bazenheid). Die fluviatile Gruppe setzt sich aus Proben der höheren Thurterrasse (Au, Zwizach und Bazenheid), den bereits erwähnten südwestlichen Proben der unteren Thurterrasse, sowie denjenigen aus der Littenheidrinne (Engi, Littenheid unten und Grueb oben) zusammen. Zu den Deckschichten zählen die Groblagen von Fören und Langäcker, sowie die periglazial geprägten Proben von

Anwil, Lampertswil und Weidguet. Auffällig ist ferner, wie stark die Molasseproben streuen. Aus dieser Analyse allein lassen sie sich kaum von den pleistocänen Proben unterscheiden.



Geographische Verteilung der Proben (eigene mit schwarzen Rahmen und Nummern, Proben von Frei und Geiger mit hellen Rahmen und Nummern). Die Farben entsprechen den fünf Gruppen der Gruppierungsanalyse.

Betrachtet man schliesslich noch einzelne Komponenten, so ergeben sich einige Häufungen, die bestimmten Regionen eine eigene Fazies geben. So ist das verbreitete Auftreten von Metasedimenten aus dem Bündnerschiefer typisch für das nördliche Thurtal (zwischen Weinfelden und Andelfingen). In der Region Aadorf ist dagegen der Ilanzer Verrucano sehr verbreitet. Im südlichen Thurtal (zwischen Wil und Bischofszell) kommen Amphibolite gehäuft vor, allerdings nur in vom Rheingletscher massgeblich geprägten Proben. Hipp (1986) hat diesen Umstand benutzt, um Rhein- und Thurschotter im Thurtal zu unterscheiden. Weitere noch lokalere Fazies ergeben sich aus aufgearbeitetem Material aus der örtlichen Nagelfluh. An verschiedenen Orten in meinem Arbeitsgebiet sind Ophiolithnagelfluhen bekannt, die sich auch auf die Zusammensetzung der quartären Sedimente der näheren Umgebung auswirken. Besonders gut zu beobachten ist dies in der alten Kiesgrube Ebnet bei Wuppenau (Proben 89 und 90). In der Gegend von Bichelsee gibt es einige Molasseaufschlüsse, wo die Nagelfluh stark von roten Geröllen (meist Radiolarit und Verrucano) geprägt ist. Auch diverse Proben aus quartären Sedimenten im Südwesten meines Untersuchungsgebietes weisen entsprechend hohe Anteile an roten Geröllen auf. Zuletzt sind hier noch die Plätze zu erwähnen, wo früher Wetterkalk abgebaut wurde, vor allem die Gegend rund um Littenheid. In den Proben der Umgebung trifft man immer wieder die weissen bis rötlichen Süsswasserkalke aus der dortigen Molasse an.

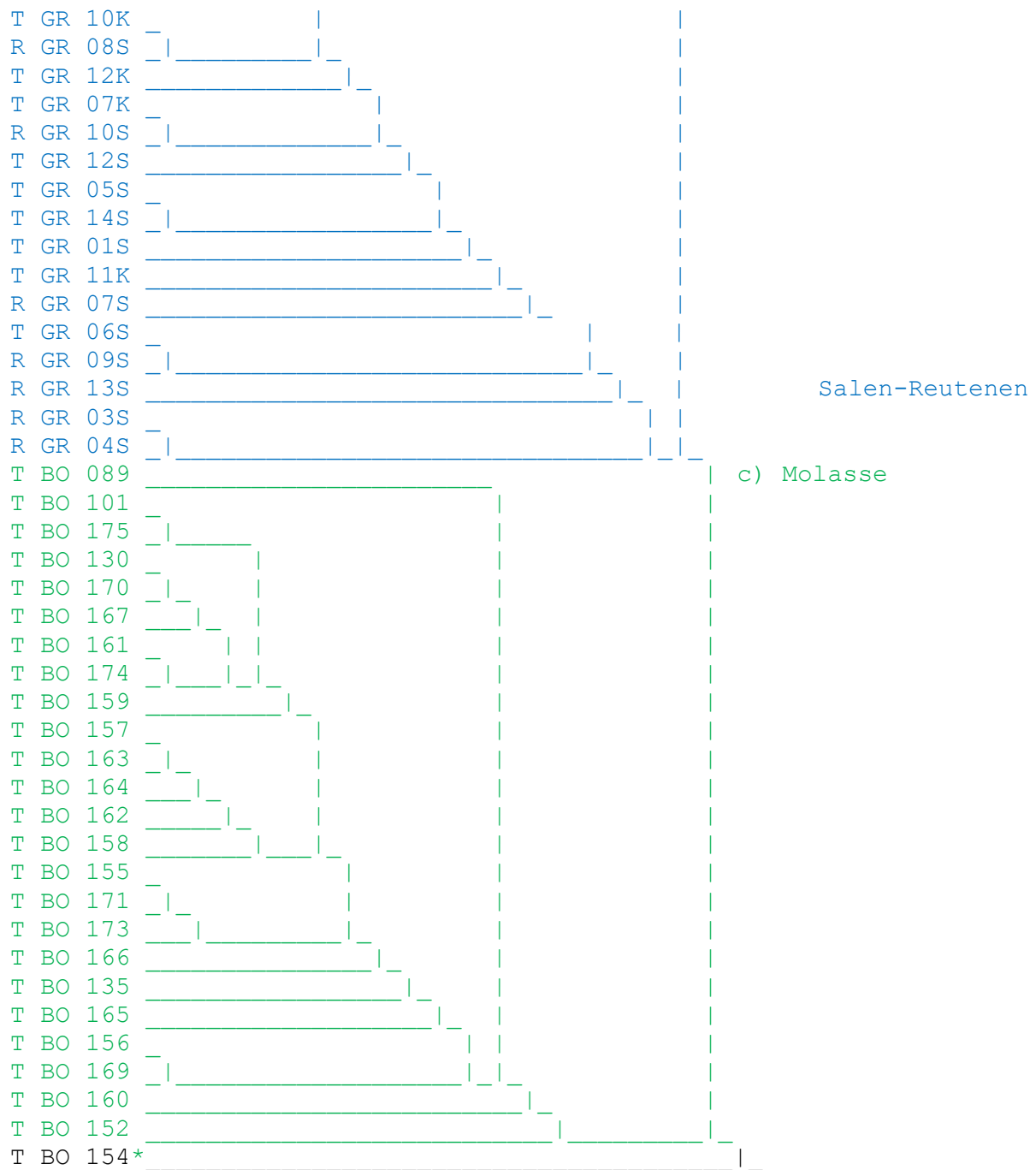
Zum Schluss wage ich hier noch einen Vergleich mit der Methode von Graf (2009). Graf verwendet dazu die folgenden 14 Komponenten:

- A-graue Kalke
- B-schwarze Kalke
- C-Kieselkalke
- D-übrige alpine Kalke
- E-Jura-, Hegau- und quartäre Gerölle
- F-alpine Dolomite
- G-subalpine Molasse
- H1-mittelländische Molasse
- H2-alpine Sandsteine
- I+J-Quarzite
- K-Radiolarite, Hornsteine und Silices
- L-Gangquarze
- M+N1-Granitoide, Vulkanite und Metamorphite
- N2-Metasedimente

Wie Graf verwende ich in dieser Analyse logarithmische Werte, um die ungleiche Grösse der Zählwerte der verschiedenen Klassen etwas auszugleichen. Die Formel dazu lautet $y=\ln(x+1)$. Dazu habe ich mit meinen noch vorhandenen Proben (ab Bo 52) eine Neuauszählung vorgenommen. Für einige ältere Proben konnte ich ergänzende Proben vom selben Ort oder zumindest aus der gleichen stratigraphischen Schicht in unmittelbarer Nähe nehmen und damit die fehlenden Werte berechnen. Für diese Auswertung habe ich ebenfalls die Proben der älteren Schotter aus Hipp (1986) eingeschlossen. Ich verwende die Bezeichnungen Hi 2, 22 25,26 und 27, obwohl es sich um einen Zusammenzug aus den Werten von Hipp und denjenigen von Frei (1912) mit den Bezeichnungen Fr 2 bis 6 handelt. Wie schon bei der ersten Gesamtanalyse führe ich zwei getrennte Untersuchungen für die älteren und jüngeren Sedimente durch.

Proben aus den Deckenschotterzeiteiten:

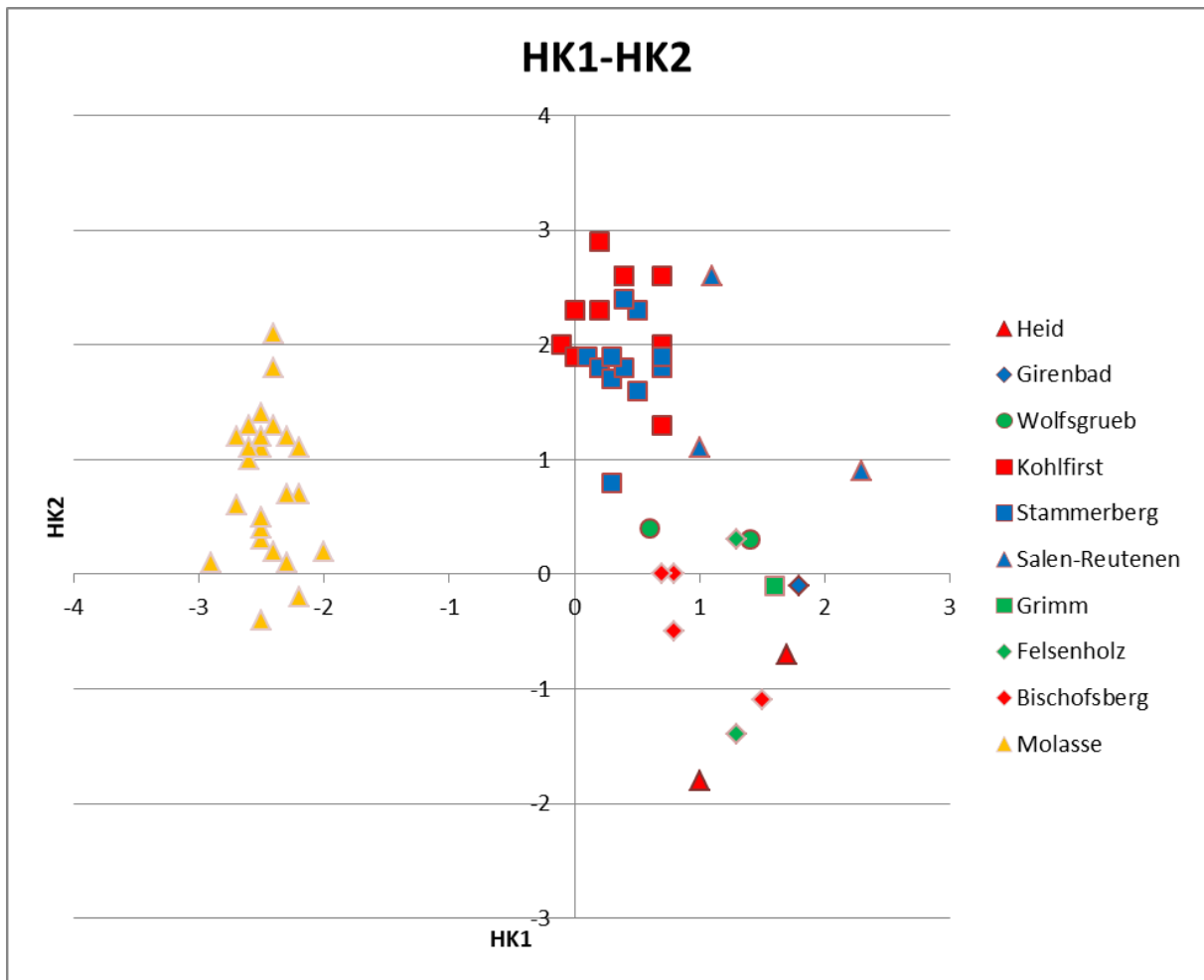
R BO 082		a) Heid, Grimm,
R BO 147		Felsenholz,
R BO 139		Bischofsberg,
R BO 140		Girenbad,
T BO 076		Wolfsgrueb
T HI 025		
T HI 026		
T HI 027		
R BO 52		
R BO 129		
R HI 002		
T HI 022		
T GR 01K		b) Stammerberg,
T GR 09K		Kohlfirst
T GR 04K		
T GR 02K		
T GR 03K		
T GR 02S		
T GR 11S		
T GR 06K		
T GR 08K		



* Nach Diskriminanzanalyse mit 3 Gruppen zu Gruppe c)

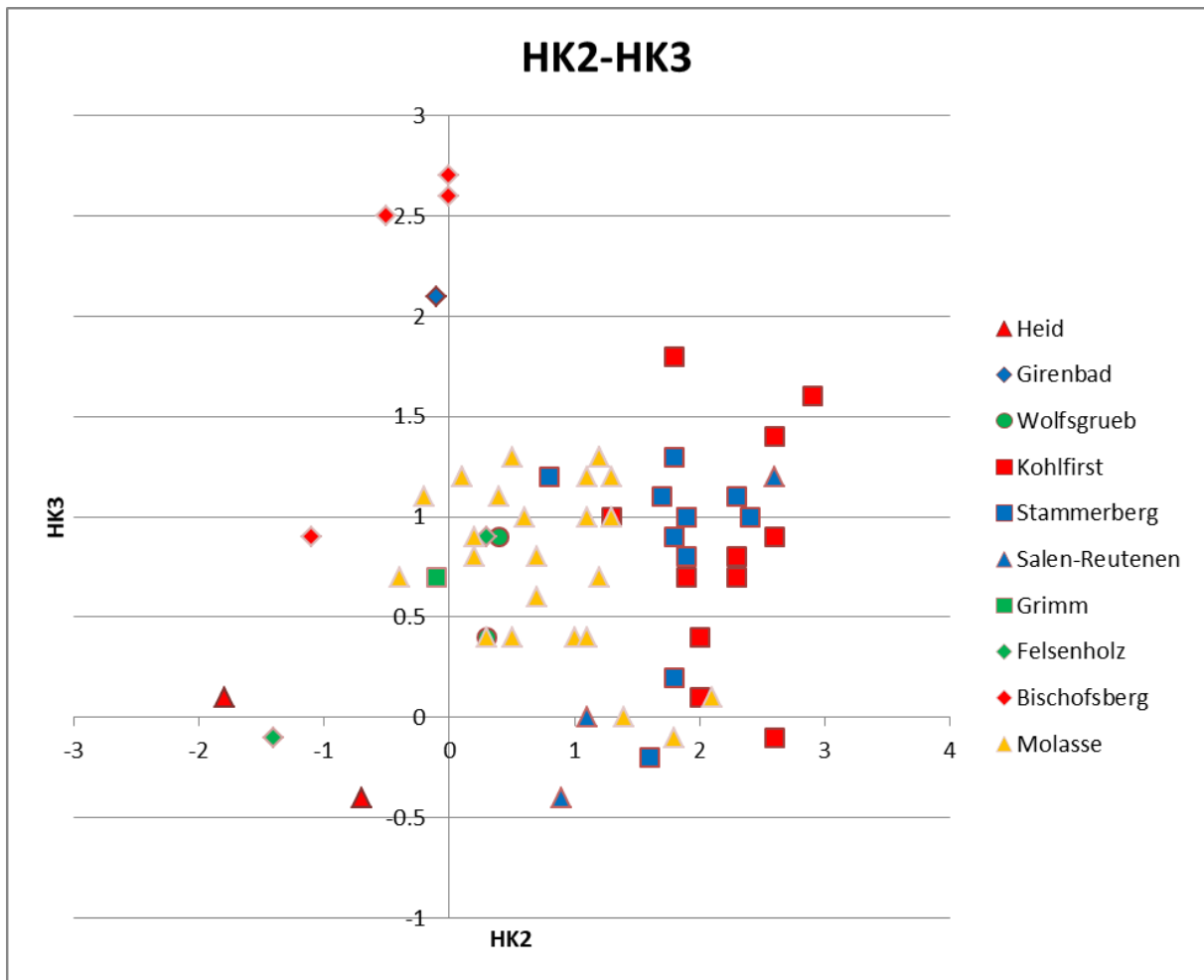
R Nach Diskriminanzanalyse zur Rheinschüttung nach Graf (2009)

T Nach Diskriminanzanalyse zur Thurschüttung nach Graf (2009)



Darstellung der ersten und zweiten Hauptkomponente für die frühpleistozänen Proben

Sowohl aus der Gruppierungs- als auch aus der Hauptkomponentenanalyse lassen sich einige Schlüsse ziehen. Da Graf (2009) für die Darstellung der Hauptkomponenten jeweils die zweite und dritte Hauptkomponente vorzog, habe ich diese zusätzlich zur Abbildung der ersten und zweiten hinzugefügt.

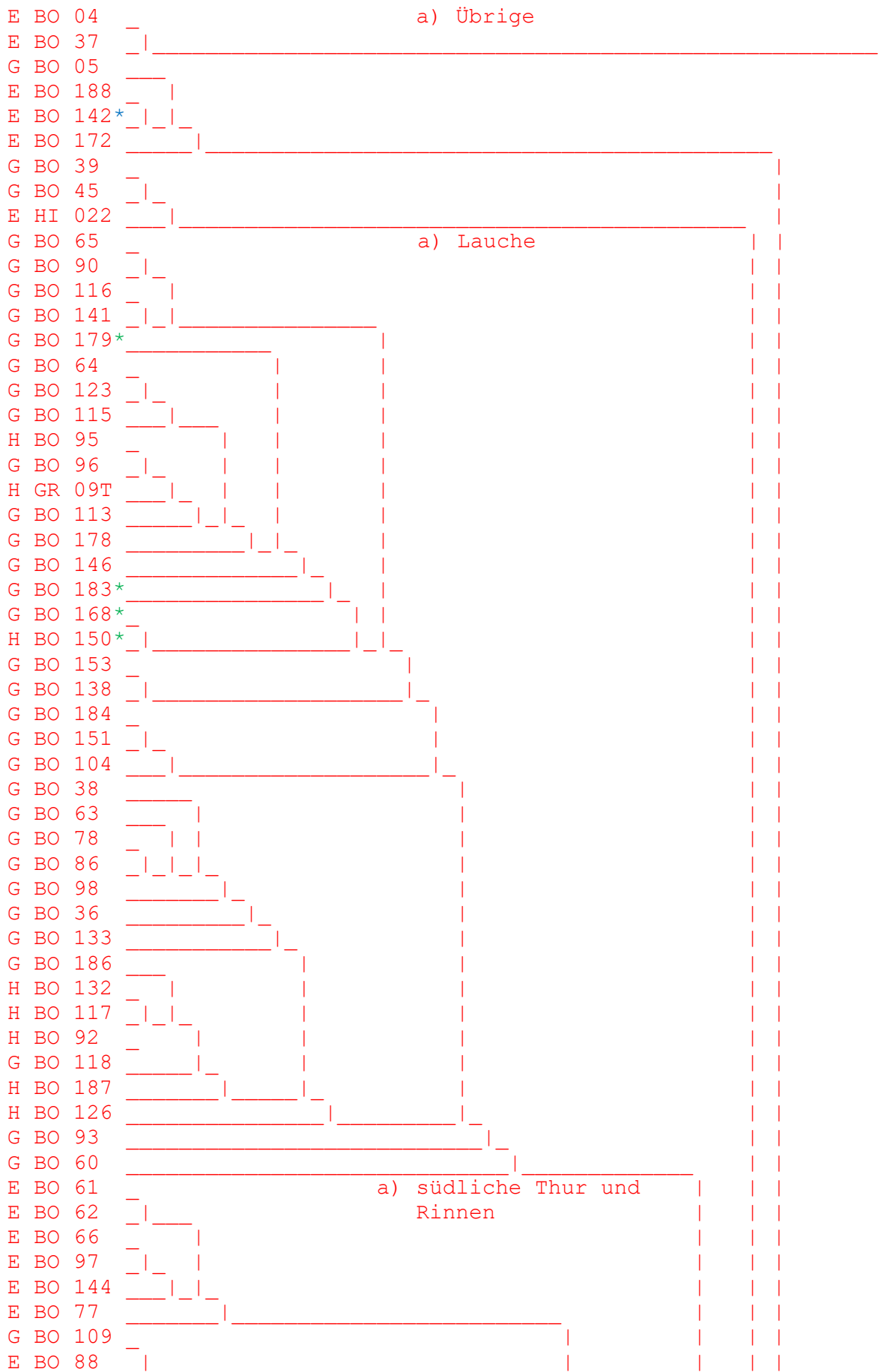


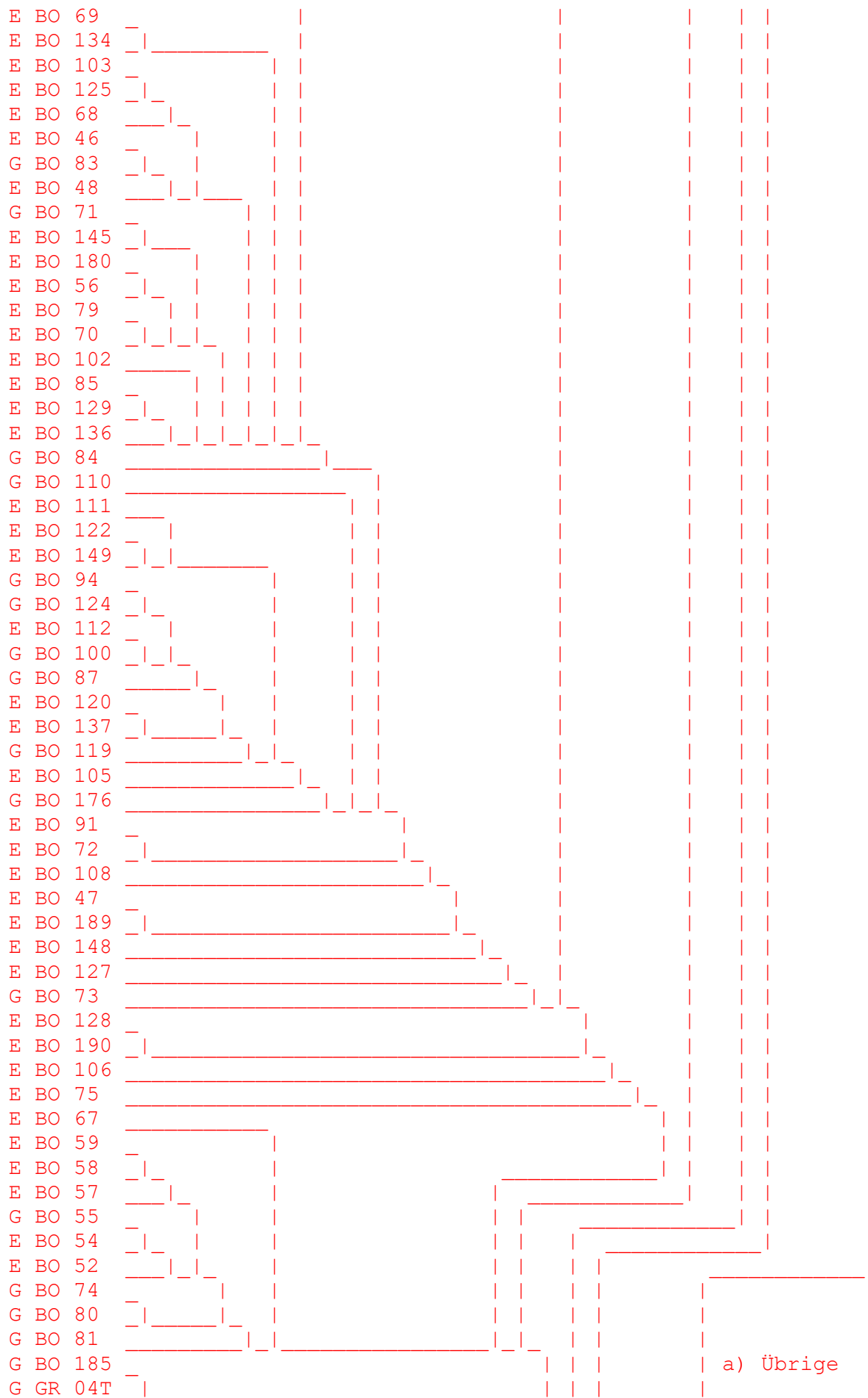
Darstellung der zweiten und dritten Hauptkomponente für die frühpleistozänen Proben

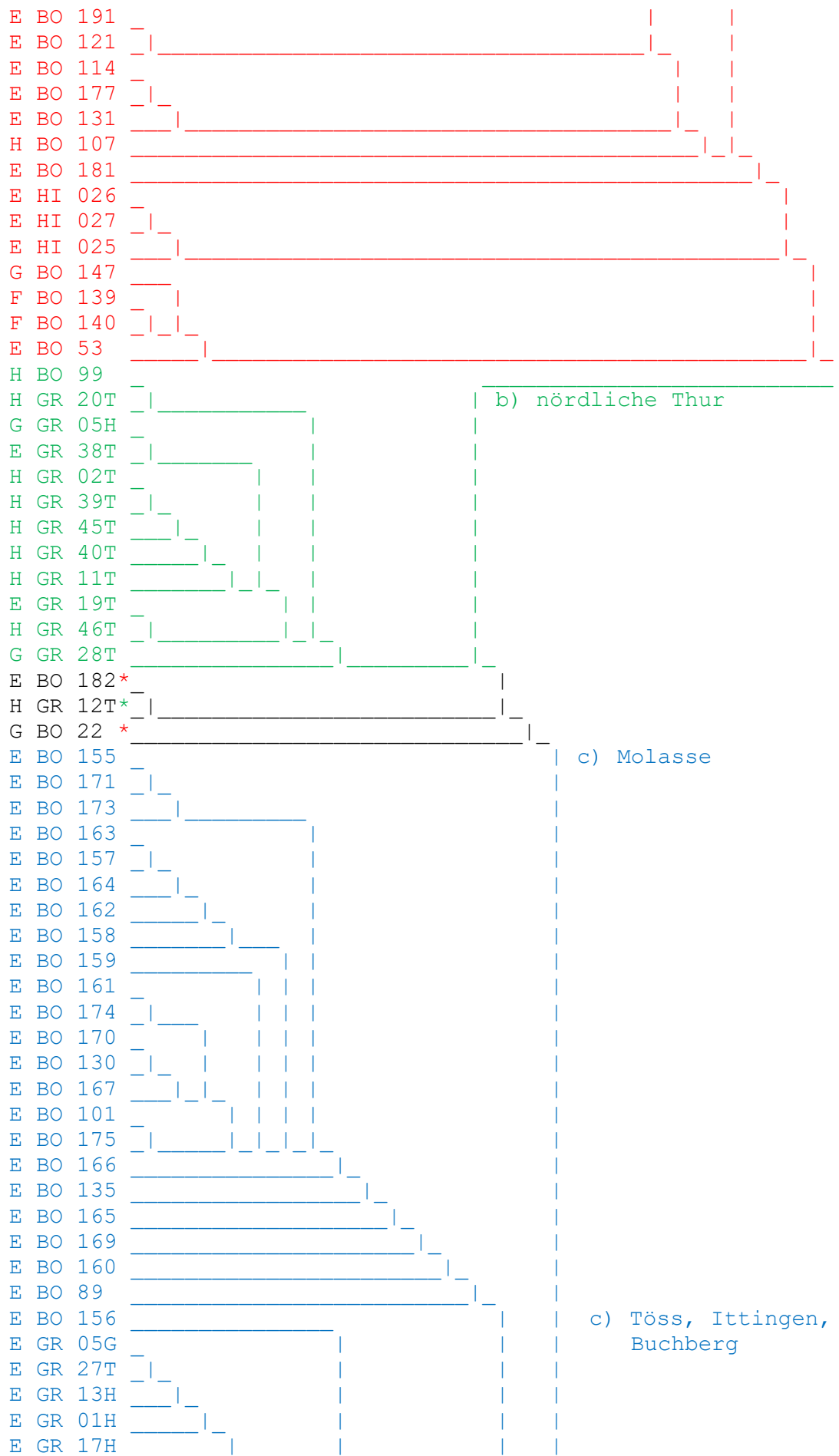
Bei den älteren Sedimenten zeigt sich, dass sich die Deckenschotter vom Kohlfirst, dem Stammerberg und etwas weniger die von Salen-Reuteneu deutlich von denjenigen im Süden unterscheiden. Innerhalb der südlichen Proben deutet sich eine Zweiteilung zwischen den vermutlich mittelpleistozänen Proben von Wolfsgrueb und allen anderen an. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Ablagerungen von Felsenholz und vom Bischofsberg wahrscheinlich aus einer jüngeren Zeit stammen und hier wie die Proben von Wolfsgrueb und der Braunauer Höhe nur zu Vergleichszwecken in die Analyse der älteren Proben aufgenommen wurden. Die Darstellung der zweiten und dritten Hauptkomponente lässt allenfalls eine Trennung zwischen Heid, Grimm und Felsenholz einerseits und Bischofsberg und Girenbad andererseits zu.

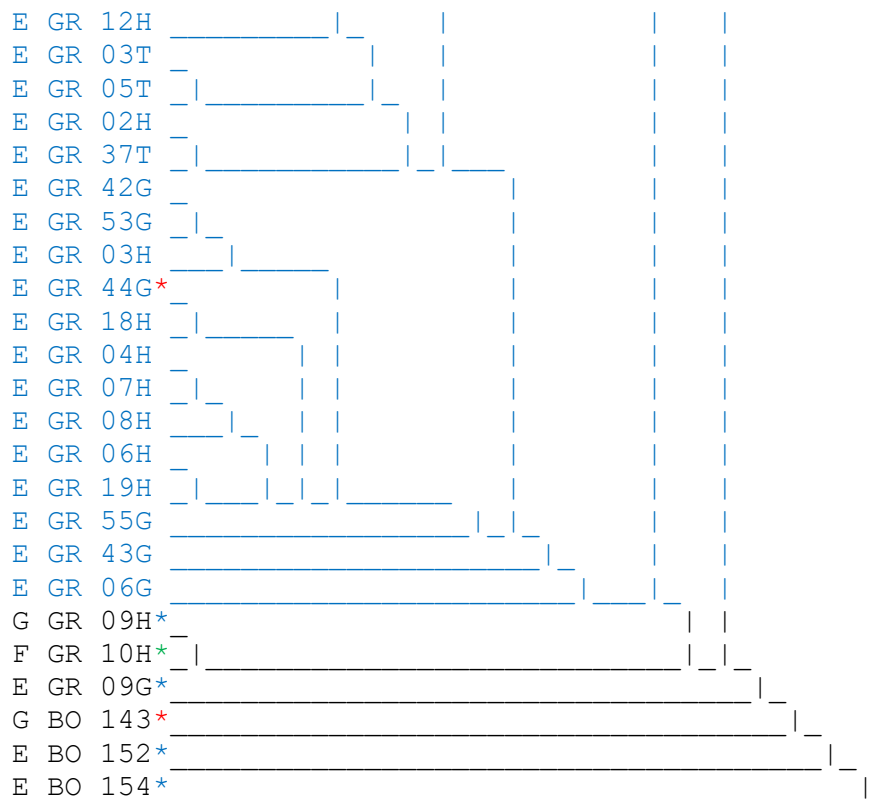
Graf (2009) konnte seine Deckenschotterproben zwei Schüttungen zuordnen, einer Rheinschüttung (R) und einer Thur- oder Hörnlichüttung (T). Diese Aufteilung ist in meiner Gruppierungsanalyse nicht so klar ersichtlich, da ich nur einen Teil seiner Proben verwende. Mittels Diskriminanzanalyse können die anderen Proben ebenfalls auf diese zwei Gruppen verteilt werden. Es zeigt sich, dass alle Proben vom Kohlfirst zur Thurschüttung und alle von Salen-Reuteneu zur Rheinschüttung gehören, während im Bereich des Stammerberges beide Schüttungen vertreten sind. Die südlichen Proben liegen meist im Grenzbereich, diejenige von Grimm klar in der Rheinschüttung, ebenso diejenige von Wolfsgrueb. Die Proben vom Bischofsberg und vom Felsenholz zählen nach den Proben von Hipp und Frei zur Thurschüttung, nach meinen Proben aber zur Rheinschüttung. Der Heidschotter liegt ganz knapp in der Rheinschüttung, der Girenbadschotter in der Thurschüttung.

Proben aus den Hoch- und Niederterrasseneiszeiten:









* Nach Diskriminanzanalyse mit 3 Gruppen zu Gruppe a)

* Nach Diskriminanzanalyse mit 3 Gruppen zu Gruppe b)

* Nach Diskriminanzanalyse mit 3 Gruppen zu Gruppe c)

E Nach Diskriminanzanalyse zur Thur-Glatt-Tössschüttung nach Graf (2009)

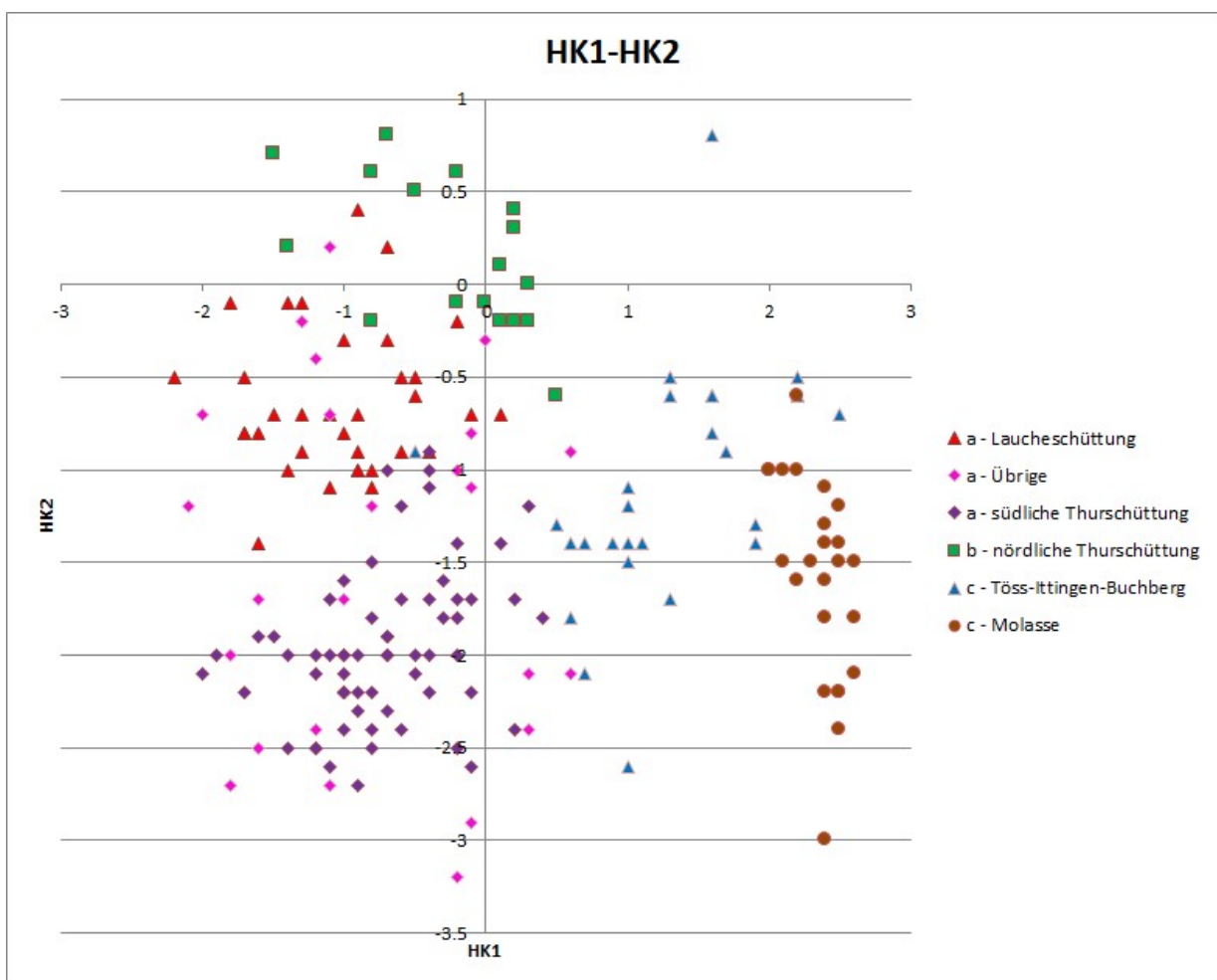
F Nach Diskriminanzanalyse zur Glatt-Tössschüttung nach Graf (2009)

G Nach Diskriminanzanalyse zur Rhein-Thur-Glattschüttung nach Graf (2009)

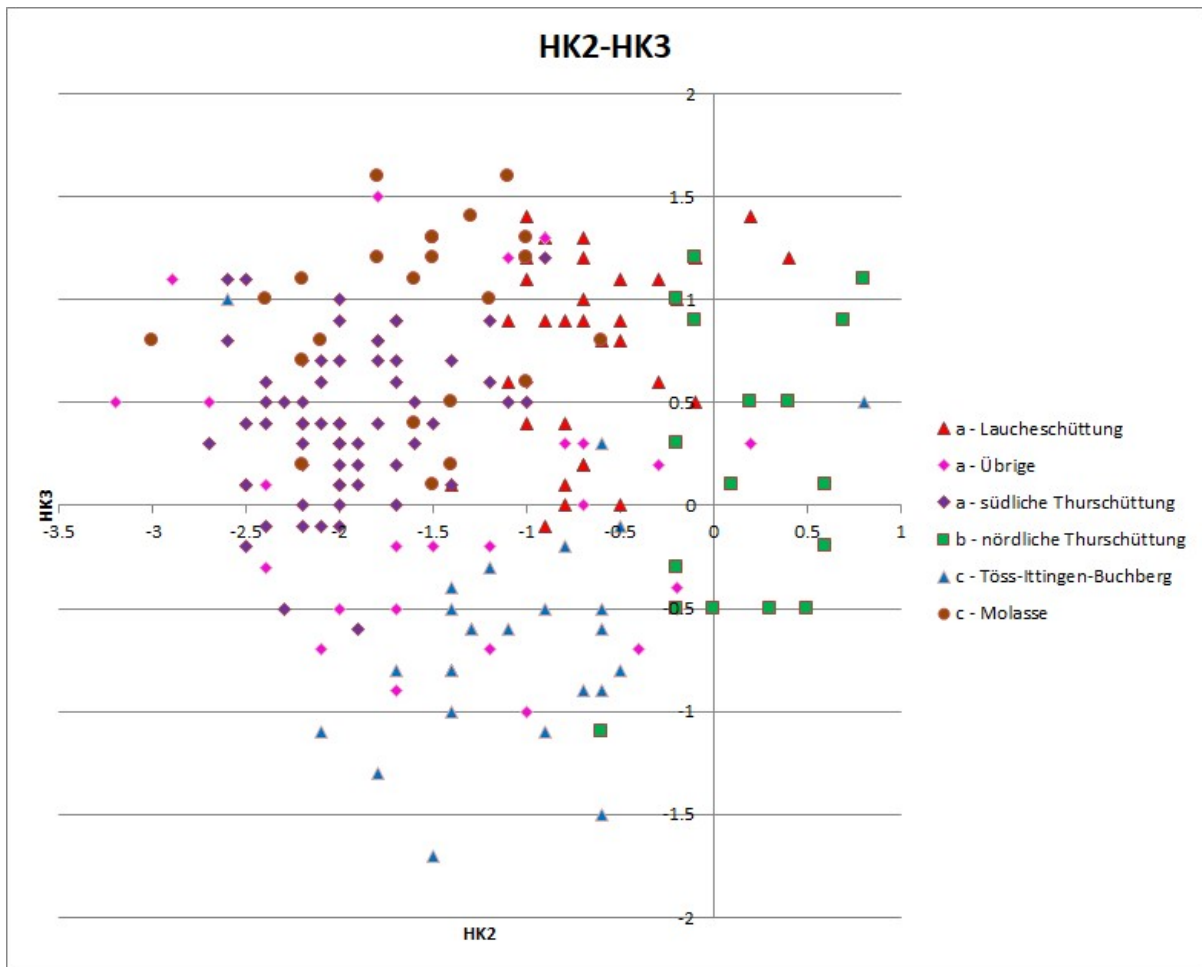
H Nach Diskriminanzanalyse zur jungen Rhein-Thurschüttung nach Graf (2009)

Etwas komplizierter ist das Bild bei den jüngeren Sedimenten. Aus der ersten und zweiten Hauptkomponente lässt sich ableiten, dass die Proben aus dem Tösstal, sowie den Buchberg- und Ittingenschottern eine eigene Gruppe bilden, wobei meine Proben 100 (Ittingenschotter) 97 und 98 (Schotter von Aumühle und Lüdem) aus dem Rahmen fallen. Alle übrigen Proben lassen sich in drei Fazies trennen: Eine nördliche und eine südliche Thurschüttung, sowie dazwischen eine Laucheschüttung. Während sich die nördliche Thurschüttung auch in der Gruppierungsanalyse klar zu erkennen gibt, sind die südliche Thurschüttung und die Laucheschüttung in der Hauptkomponentenanalyse besser unterscheidbar. Viele Proben, die geographisch am Südrand der Lachezunge oder in den randglazialen Entwässerungsrinnen (Einflussbereich von Alpbach/Altbach, Murg, Lützelurg und Eulach) liegen, gehören allerdings eher zur südlichen Thurschüttung, die daher besser als südliche Thur- und Rinnenschüttung bezeichnet wird. Umgekehrt ordnen sich einige glazial geprägte Proben aus dem Süden besser der Laucheschüttung zu. Einige Proben werden durch die Gruppierungsanalyse der gemeinsamen grossen Gruppe a) zugeteilt, aber nicht einer der beiden Untergruppen. Zwei kleine Untergruppen werden durch Proben vom Bischofsberg, dem Felsenholz und einigen höher gelegenen Proben gebildet. Sie überschneidet sich in der ersten und zweiten Hauptkomponente mit der Laucheschüttung, in der zweiten und dritten

jedoch mit der Töss-Ittingen-Buchberg-Gruppe. Auch die Molasseproben unterscheiden sich deutlich von allen anderen, sie sind aber scheinbar den Töss-Ittingen-Buchberg-Proben sehr ähnlich. Das Bild ändert sich jedoch, wenn man die zweite und dritte Hauptkomponente betrachtet, die weniger vom Molasseanteil bestimmt werden als die erste. Dort sieht man, dass die Molasseproben und die Proben der südlichen Thur- und Rinnenschüttung fast deckungsgleich sind. Die Proben, die Graf (2009) zur Kontrolle im südlichen Gebiet entnommen hat (Bischofszell und Unterbazenheid), gliedern sich überwiegend in die Töss-Ittingen-Buchberg Gruppe ein, ganz im Gegensatz zu meinen Proben 59, 73 und 141 aus denselben Kiesgruben, die zur südlichen Thurschüttung respektive zur Laucheschüttung gehören. Grafs Probe von Schottikon schliesslich passt sehr gut zur Töss-Ittingen-Buchberg Gruppe, während meine Probe 69 von ebendort im Bereich der südlichen Thurschüttung liegt. Das zeigt einmal mehr, wie schwierig es ist, Proben verschiedener Autoren miteinander zu vergleichen.



Darstellung der ersten und zweiten Hauptkomponente für die mittel- und spätpleistozänen Proben



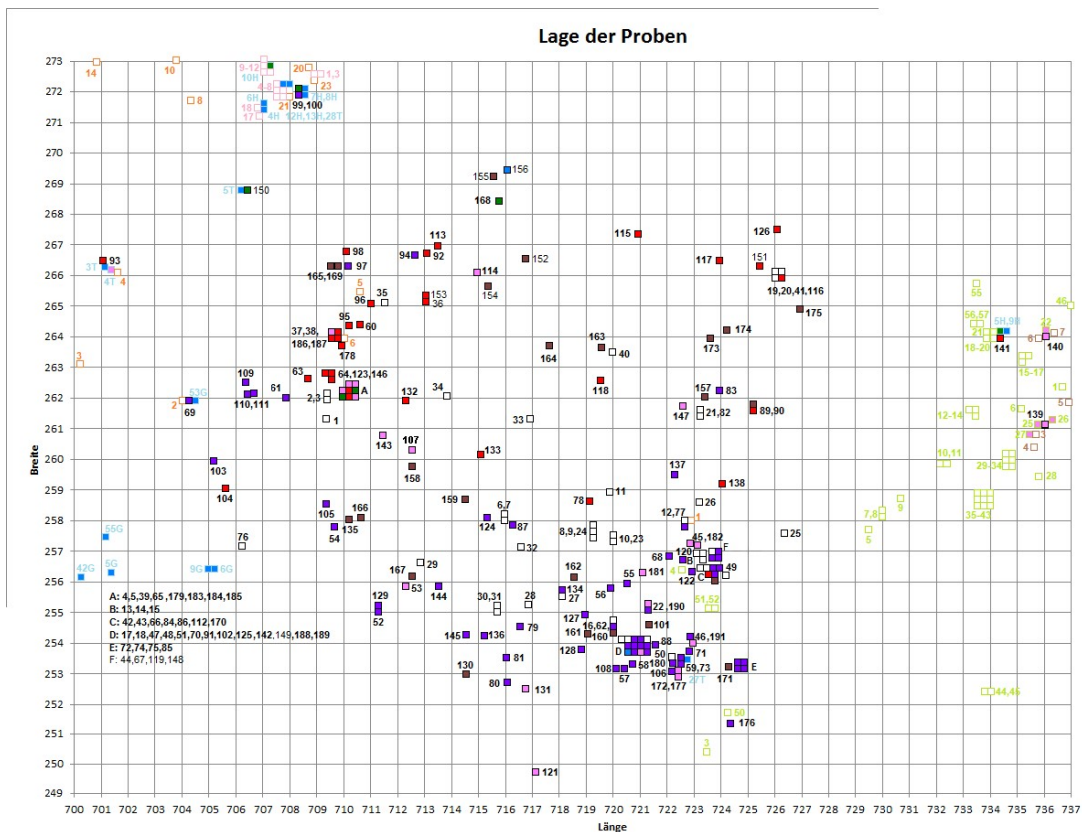
Darstellung der zweiten und dritten Hauptkomponente für die mittel- und spätleistozänen Proben

Gruppe	A	B	C	D	E	F	G	H1	H2	I+J	K	L	M+N1	N2
a)	2.5	2.3	1.8	2.5	0.0	2.3	0.9	2.8	2.6	1.6	0.7	1.3	2.0	0.3
Lauche	2.4	2.3	1.5	2.5	0.0	2.0	0.9	2.7	2.7	1.9	0.6	1.6	2.6	0.7
Thur	2.5	2.4	2.1	2.5	0.0	2.4	0.8	2.9	2.6	1.5	0.8	1.1	1.7	0.1
b)	2.4	2.3	1.8	1.9	0.0	1.9	1.4	2.0	2.9	2.0	1.7	1.7	2.0	2.0
c)	2.4	2.1	2.3	2.7	0.0	3.2	0.7	0.6	2.5	1.7	1.6	1.0	1.7	0.0
alle	2.4	2.3	2.0	2.5	0.0	2.5	0.9	2.2	2.6	1.7	1.0	1.3	1.9	0.3
EV 1	16	11	309	75	32	385	66	810	61	47	273	28	39	77
EV 2	66	29	424	140	90	429	108	408	135	244	121	182	351	420
EV 3	141	143	364	15	8	9	316	63	162	147	565	204	540	151

Durchschnittswerte (logarithmisch) der Gruppen und Eigenvektoren der Hauptkomponenten 1 bis 3 in 1/1000, negative Werte in rot. Sie zeigen den Einfluss der Komponenten auf die Hauptkomponente an. Grosse Werte (positiv oder negativ) zeigen grossen Einfluss an, Werte nahe 0 kleinen.

Interessant ist, dass die grossen Klassen der Kalke und Sandsteine relativ wenig zur Differenzierung der Gruppen beitragen. Vielmehr streuen die Werte der kleinen Klassen, etwa der Metasedimente oder der Radiolarite, am meisten. Auch die Kieselkalke, die mittelländische Molasse und die Quarzite und Gangquarze tragen wesentlich zur Gruppenbildung bei. Das ist nicht weiter erstaunlich, denn die grossen Klassen sind in allen Liefergebieten allgegenwärtig und können nur durch ihre Transportresistenz signifikante Unterschiede aufweisen. Dagegen sind die Metasedimente charakteristisch für die jungpleistozänen Ablagerungen des nördlichen Thurtales, kristalline Gerölle sind in den

südlichen Gebieten weit seltener als in den nördlichen und die mittelländische Molasse ist dort am verbreitetsten, wo sie in der Nähe anstehend ist.

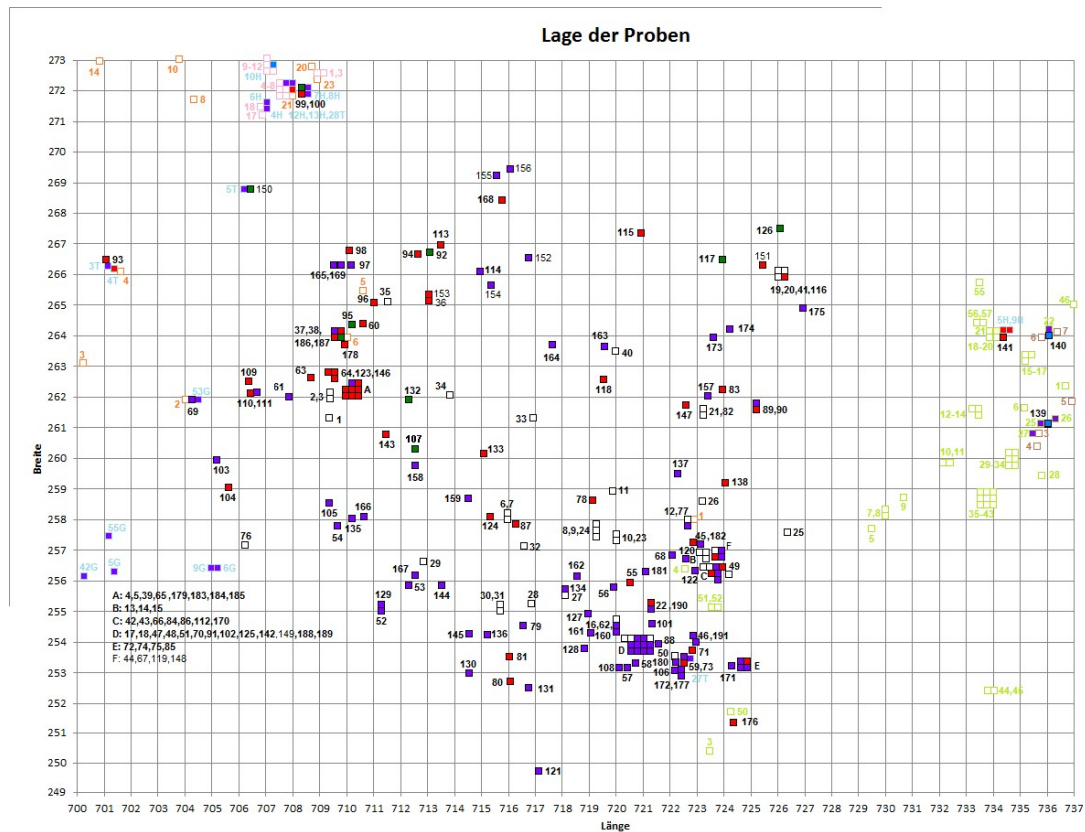


Geographische Verteilung der Proben (eigene mit schwarzen Rahmen und Nummern, Proben von Graf und Hipp/Frei mit hellen Rahmen und Nummern), aufgeteilt nach den Gruppen der Gruppierungsanalyse (rot = Laucheschüttung, lila = Übrige aus Gruppe a, violett = südliche Thurschüttung, grün = nördliche Thurschüttung, blau = Töss-Ittingen-Buchberg, braun = Molasse).

Gruppe	A	B	C	D	E	F	G	H1	H2	I+J	K	L	M+N1	N2
E	2.6	2.1	1.8	2.6	0.0	3.1	1.1	1.4	2.7	2.1	2.2	1.1	1.6	0.2
F	2.5	2.7	2.2	2.6	0.0	0.7	1.4	1.4	3.0	2.3	2.4	1.4	2.1	0.0
G	2.6	2.4	2.1	2.0	0.0	2.1	1.7	1.7	2.9	2.2	1.8	1.7	2.4	1.1
H	2.4	2.4	1.8	1.9	0.0	2.1	1.6	2.2	2.9	1.9	1.8	1.8	2.0	2.3
R	2.5	2.8	2.2	2.6	0.0	2.5	1.1	2.8	2.6	0.5	1.9	0.8	1.4	1.3
T	2.2	2.5	2.1	2.7	0.1	3.2	0.8	2.5	2.5	0.5	2.2	0.8	1.0	0.5

Graf (2009) hat auch die jüngeren Ablagerungen in Gruppen eingeteilt, von denen in meinem Bereich die Thur-Töss-Glatt-Gruppe (E), die Rhein-Thur-Glatt-Gruppe (G) und die junge Rhein-Thur-Gruppe (H) relevant sind. Die Gruppe F (Töss-Glatt) tritt nur in einer einzigen Probe auf. Auch hier habe ich meine Proben mittels Diskriminanzanalyse den drei Gruppen zugeteilt. Es zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung der Gruppe a(Lauche) mit G, a(südliche Thur) mit E und d mit H. Die Darstellung der geographischen Verteilung der Proben trennt klar die Laucheschüttung (G) und die südliche Thur- und Rinnenschüttung (E). Da auch die vier Proben aus Periglazialschutt mit vermutlich 100% aufgearbeiteten Molassegeröllen (Proben 89, 101, 130 und 135) und sämtliche Molasseproben in die Gruppe E fallen, kann geschlossen werden, dass diese Gruppe wesentlich von aufgearbeiteten Geröllen aus der Molasse geprägt ist. Das erklärt auch, warum einige weitere Proben ausserhalb des südlichen Gebietes in diese Gruppe fallen, etwa die hoch gelegenen Proben von der Heid oder diejenigen in einem Streifen vom Tuenbachtal über Frauenfeld ins untere

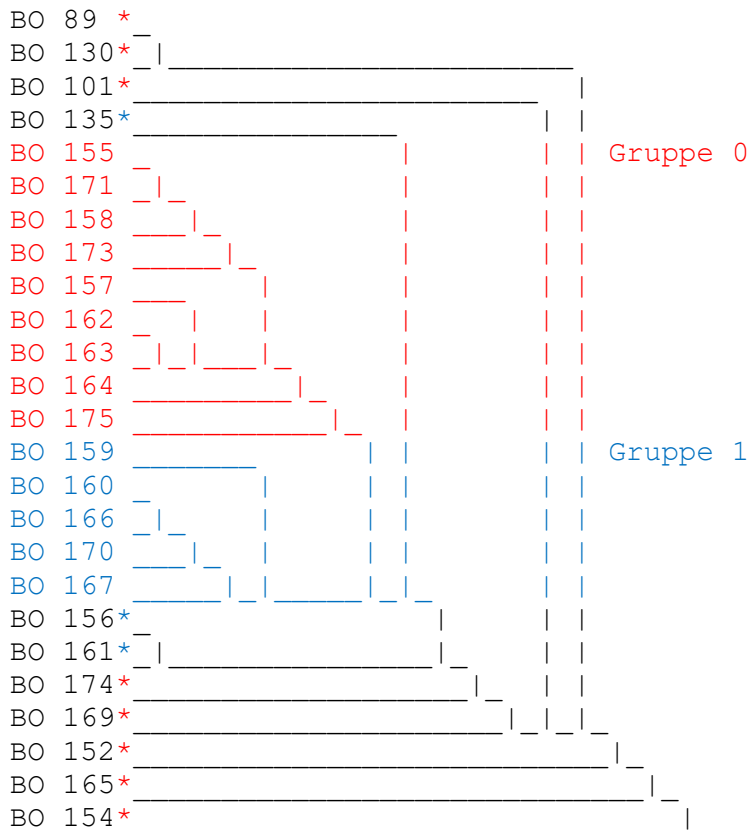
Thurtal. Die Ittingen Schotter gehören ebenfalls in diese Kategorie. Die Gruppe H tritt hauptsächlich im Thurtal bei Andelfingen, sowie im Seebachtal auf. Diverse meiner Proben (92, 99, 126, 150) belegen, dass diese junge Schüttung sich auch Thur aufwärts fortsetzt. Weitere Proben im Übergangsbereich zur Laucheschüttung (95, 107, 116, 117, 132) haben eine grosse Übereinstimmung mit den Gruppen G und H.



Geographische Verteilung der Proben (eigene mit schwarzen Rahmen und Nummern, Proben von Graf und Hipp/Frei mit hellen Rahmen und Nummern), aufgeteilt nach den Gruppen E (violett), F (blau), G (rot) und H (grün) nach Graf (2009).

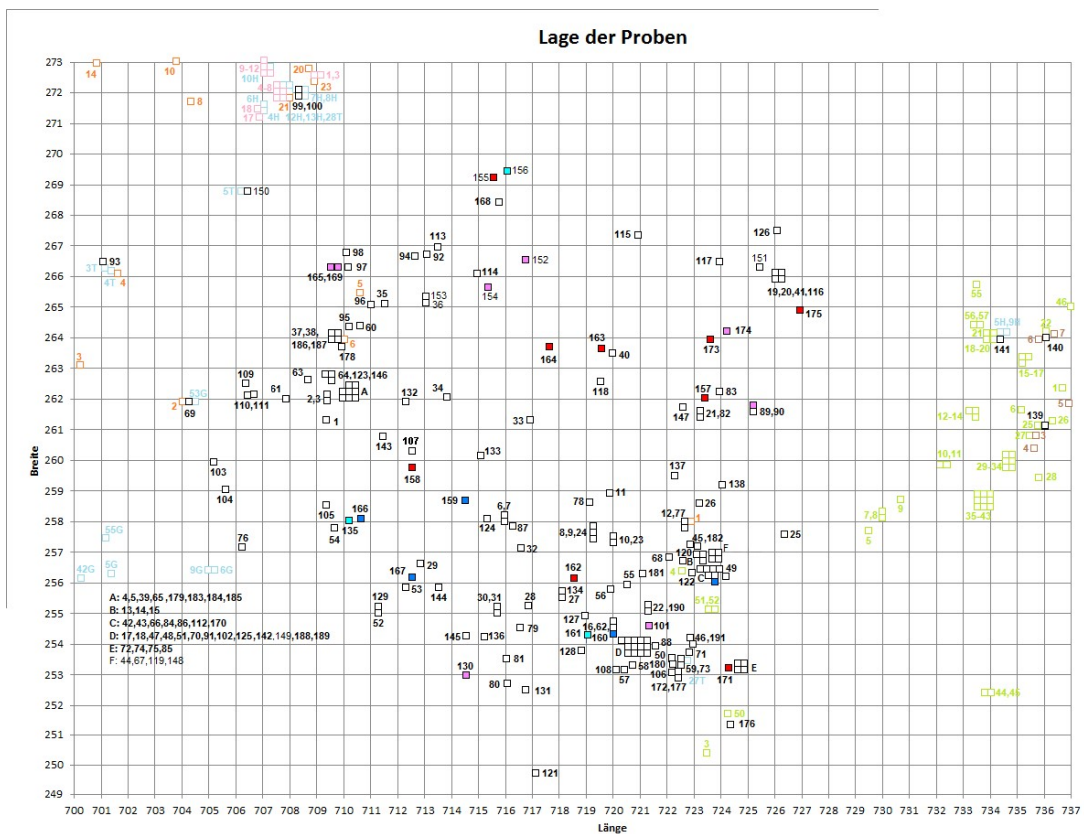
Ich habe versucht, meine Proben nach 16 Klassen aus meinen eigenen Auszählungen (A – Quarzit, B – Gneis, C – Radiolarit, D – Amphibolit, E – Verrucano, F – Granit, G – Ophiolithe – H – subalpine Molasse, I – mittelländische Molasse, J – Süsswasserkalk, K – Grünsandstein, L+M – Flysch, N - grau-blaue Kalke, O – gelb-braune Kalke, P+Q – Dolomite, R – Kieselkalk, Klassen B bis G nach der Einteilung wie bei der Analyse der Gruppe «Kristallin und andere») mit derselben Methode zu gruppieren. Dabei sind zwei Gruppen herausgekommen, die sich praktisch vollkommen mit der Lauche- und der südlichen Thurschüttung von oben decken. Obwohl es nicht das Hauptaugenmerk dieser Arbeit war, habe ich schliesslich noch versucht, die Vergleichsproben aus der tertiären Nagelfluh separat zu analysieren. Da für die Charakterisierung der Molasse etwas andere Kriterien massgebend sind, habe ich entsprechend neue Klassen gebildet: A – Quarzit, B – Gneis, C – Radiolarit, D – Amphibolit, E – Verrucano, F – Granit, G – Ophiolithe – H – subalpine Molasse, K – Grünsandstein, L – gelbe Flyschsandkalke, M – übrige Flysch, N - grau-blaue Kalke, O – gelb-braune Kalke, P – grau-blaue Dolomite, Q – gelb-braune Dolomite, R – Kieselkalk.

Proben aus der tertiären Nagelfluh:



* nach Diskriminanzanalyse mit 2 Gruppen zu Gruppe 0

* nach Diskriminanzanalyse mit 2 Gruppen zu Gruppe 1



Geographische Verteilung der Proben aus der Molasse, aufgeteilt nach den Gruppen 0 (rot), 1 (blau), gruppenlos aber nahe bei 0 (lila) und nahe bei 1 (hellblau).

Die beiden Gruppen der Gruppierungsanalyse lassen sich nicht mit der Stratigraphie erklären, selbst wenn man die Höhenlagen entsprechend den postulierten Bruchschollen anpasst. Eher lässt sich ein Zusammenhang mit der Geographie erkennen. So befinden sich alle Proben der Gruppe 1 mit einer Ausnahme (BO 156) im Süden, diejenigen der Gruppe 0 im Norden und Osten. Dies könnte ein Indiz dafür sein, dass die Gebiete am nordöstlichen Rand des grossen Hörnlischuttfächers über lange Zeit hinweg durch Schüttungen aus dem Osten beeinflusst wurden. Aufgrund der Hauptkomponentenanalyse zeichnen sich die Proben der Gruppe 1 alle durch hohe Anteile an gelben Flyschsandkalken und Ophiolithen aus. Für eine genauere Analyse müssten aber noch weitere Proben entnommen und ausgewertet werden.

Methodik:

Die Gruppierungsanalysen wurden nach der Zentroid-Methode durchgeführt. Bei dieser aufbauenden Gruppierung werden die Distanzen der einzelnen Proben nach der Regel von Pythagoras ermittelt und schrittweise die zwei nächstgelegenen Proben zu einer Gruppe zusammengefasst. Ihr Mittelpunkt dient als neue „Probe“ für den nächsten Schritt.

Bei den Diskriminanzanalysen wurde dasselbe Prinzip verwendet. Nach der Bildung der Gruppen mittels Gruppierungsanalyse wurde die Distanz jeder Probe zu den Mittelpunkten der Gruppen berechnet und die Probe der nächstgelegenen Gruppe zugeteilt. Dies ist nötig, weil sich durch die Gruppierung der Gruppenmittelpunkt immer weiter von einer einzelnen Probe entfernen kann, so dass am Schluss diese Probe näher am Mittelpunkt einer anderen Gruppe liegen kann.

Zur Berechnung dieser beiden Analysearten habe ich ein eigenes Java-Programm geschrieben.

Die Hauptkomponentenanalysen wurden mit Hilfe des im Internet unter <https://www.dcode.fr/matrix-eigenvalues> frei verfügbaren Programmes durchgeführt. Das Programm liefert die Eigenwerte und Eigenvektoren aufgrund der in Microsoft Excel mit der Funktion KOVARIANZ.S erstellten Kovarianzmatrix der zuvor zentrierten Messwerte (zentrierte Messwerte einer Probe = Messwerte – Durchschnitt aller Messwerte einer Probe). Die Hauptkomponenten wurden darauf aus den Eigenvektoren mit der Microsoft Excel Funktion MMULT berechnet.